

Wpływ impulsowego pola elektrycznego na barwę wina

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu impulsowego pola elektrycznego na barwę wina wyprodukowanego z winogron odmiany Hlibernal. Owoce poddano działaniu impulsowego pola elektrycznego o dwóch wartościach natężenia 3,3 kV/cm oraz 5 kV/cm, następnie prowadzono fermentację zgodnie z procedurami stosowanymi w przemyśle winiarskim. W uzyskanych winach oznaczono barwę metodą CIELab. Uzyskane wyniki wskazują na większą wydajność ekstrakcji związków barwnych z winogron (związków o charakterze antyoksydantów) pod wpływem PEF.

Abstract. The article presents the results of research on the impact of the impulsed electric field on the colour of wine produced from the grapes of Hlibernal variety. The fruit was subjected to PEF with two 3.3 kV / cm and 5 kV / cm intensity values. Next, the fermentation took place in accordance to the procedures used in the wine industry. In the produced wines, the colour was determined using the CIELab method. The obtained results indicate a higher efficiency of extraction of coloured compounds from grapes (antioxidant ones) under the influence of PEF. (**Influence of pulsed electric field on the wine colour**).

Słowa kluczowe: impulsowe pole elektryczne, PEF, kolor wina, winogrona, metoda CIELab.

Keywords: pulsed electric field, PEF, wine colour, grapes, CIELab method.

Wstęp

Barwa produktów spożywczych jest jednym z istotnych czynników kształtujących jego jakość. Barwa owoców i produktów ich przetworstwa jest odzwierciedleniem rodzaju i ilości związków barwnych. W przypadku win, napojów barwa świadczy o atrakcyjności, a konsumenci niejednokrotnie poszukują produktów o barwie charakterystycznej, naturalnej, ale i intensywnej. Substancje barwne występujące w owocach winogron i w produktach przetworzonych np. w winie to przede wszystkim antocyjany, chlorofile i karotenoidy. Związki barwne mają także szereg właściwości korzystnie wpływających na organizm człowieka np. przeciwutleniające, przeciwzapalne. Barwa wina może świadczyć o jego atrakcyjności, gdyż jest ściśle powiązana ze smakiem i zapachem. Atrakcyjna i charakterystyczna barwa wina wpływa na ocenę smakowitości tego produktu i jednocześnie może wyróżniać ten produkt na tle innych. Na sumę wrażeń, ocenianych jako barwa wina ma wpływ wiele czynników, związanych z odmianą gron, ich barwą, obróbką wstępną owoców, moszczu i procesem fermentacyjnym. Jednocześnie barwa wina może korelować z zawartością związków biologicznie aktywnych, które w procesie obróbki wstępnej i procesu fermentacji ekstrahują się z owoców i moszczu do roztworu (wina). Związki nadające barwę winom to związki należące do metabolitów wtórnych syntetyzowanych w komórkach roślinnych (miąższu, nasionach, skorce, szypułkach, łodygach i in.). Jest to bardzo liczna grupa związków, która charakteryzuje się dużym potencjałem prozdrowotnym. Większość tych związków wykazuje potwierdzone właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne. Stwierdzono, że białe winogrona zawierają kwasy fenolowe, takie jak kawowy, chlorogenowy i p-kumarowy, które korzystnie wpływają na organizm człowieka, a ich udział w diecie może zapobiegać wielu chorobom cywilizacyjnym. Korzystne jest zatem, aby wino, nawet tzw. białe posiadało nasyconą, intensywną barwę i tym samym większą zawartość związków barwnych, korzystnie wpływających na zdrowie człowieka. Proces ekstrakcji tych związków jest zatem kluczowy do osiągnięcia pożądanej barwy i dobrej wydajności związków prozdrowotnych.

Zastosowanie impulsowego pola elektrycznego podczas wstępnej obróbki winogron może przyczynić się do otrzymywania win o zróżnicowanej i intensywniejszej barwie a co za tym idzie wpływać na wydajniejszą ekstrakcję tych

związków. W literaturze tematu PEF jest wykorzystywany do obróbki owoców i warzyw [1-3], jednak stosowanie go w odniesieniu do owoców winogron przeznaczonych do produkcji win jest nadal zagadnieniem nowatorskim.

Zastosowanie impulsowego pola elektrycznego (PEF) w przetwórstwie spożywczym pozwala na wyeliminowanie użycia wysokich temperatur i stosowania dodatków do żywności. Wykorzystanie impulsowego pola elektrycznego (PEF) cieszy się obecnie dość dużym zainteresowaniem. Od lat prowadzi się badania nad wykorzystaniem tej technologii w medycynie, biotechnologii, przemyśle spożywczym i kosmetycznym. Wykazano, że stosowanie PEF jako niekonwencjonalnej metody utrwalania żywności umożliwia inaktywację niekorzystnej mikroflory przy jednoczesnym zachowaniu pożądanych cech fizykochemicznych oraz organoleptycznych [4-6]. Wpływa również na zwiększenie aktywności fermentacyjnej drożdży [7,8]. Ponadto stwierdzono, że zastosowanie impulsowego pola elektrycznego PEF jest przydatną metodą w przetwórstwie owocowo-warzywnym, gdyż większa wydajność tłoczenia i ekstrakcji soków. Możliwość zastosowania niższej temperatury procesu korzystnie wpływa na zawartość odpowiadających za barwę związków fenolowych [9]. Ponadto PEF może być także wykorzystane do intensyfikacji odwadniania i suszenia żywności, zmniejszenia aktywności enzymatycznej i przedłużenia trwałości produktu końcowego. Warto podkreślić jest to, że stosowanie PEF w mniejszym stopniu prowadzi do degradacji substancji odżywczych i zaniku korzystnych właściwości sensorycznych niż tradycyjna obróbka termiczna, głównie dzięki skróceniu czasu przetwarzania i obniżeniu stosowanych temperatur (<50°C) [10-12].

Wpływ działania impulsowego pola elektrycznego na strukturę winogron można ocenić z zastosowaniem analizy obrazów np. tomografii komputerowej [13-17].

Barwa wina jest jednym z kluczowych wskaźników jego jakości. Ma na nią wpływ wiele czynników, w tym odmiana winogron, obróbka wstępna, parametry, czas prowadzenia fermentacji i dojrzewania wina. W zależności od gatunku winogron oraz udziału skórki i nasion w moszczu podczas prowadzenia procesu fermentacji otrzymujemy barwę wina od bardzo jasnej do intensywnie wybarwionej czerwonej. [18].



Rys.1 Miejsce występowania związków chemicznych we wnętrzu winogrona

Szereg związków chemicznych zawartych przede wszystkim w skórce, nasionach oraz w mniejszym stopniu w miąższu gron determinuje barwę wina (rys. 1). Związki te to przede wszystkim związki biologicznie aktywne, charakteryzujące się właściwościami przeciwutleniającymi. Są to związki fenolowe tj. flawonoidy (np. antocyjany, nadające barwę wina od różowej do intensywnie czerwonej), flawony i garbniki (taniny). W przemyśle winiarskim podczas przetwarzania owoców zasadniczym celem jest uzyskanie koncentratu winogronowego o jak największej intensywności i atrakcyjności barwy [19,20]. Zatem znaczący udział związków o charakterze przeciwutleniającym w winie, wpływa jednocześnie na walory sensoryczne wina (barwę, smak, zapach) oraz podnosi jego walory prozdrowotne. Korzystny wpływ związków fenolowych obecnych w winie na zdrowie człowieka potwierdzono w szeregu publikacji. Na zawartość naturalnych związków barwnych w winie wpływ ma wiele czynników, także zastosowana technologia podczas jego produkcji. Wpływ działania impulsowego pola elektrycznego PEF na winogrona, które będą służyły do produkcji wina jest zagadnieniem nowatorskim na skalę światową. Nieliczne doniesienia wskazują, że zastosowanie impulsowego pola elektrycznego na winogrona wpływa korzystnie na parametry jakościowe wina, w szczególności na zawartość odpowiadających za barwę i smak związków fenolowych takich jak antocyjany i taniny [21-23]. Ponadto, podczas procesu winifikacji zmniejsza się również czas maceracji. Badania związane z zastosowaniem podczas obróbki wstępnej impulsowego pola elektrycznego PEF na winogrona są w pełni uzasadnione. W przyszłości planuje się ocenę wpływu pola magnetycznego na barwę wina podobnie jak [24,25].

Celem pracy było określenie wpływu działania impulsowego pola elektrycznego podczas obróbki wstępnej owoców winogron odmiany Hibernal na parametry barwy wina.

Materiał i metoda badawcza

Materiałem do badań były uprawiane na południu Polski winogrona odmiany Hibernal (Chancellor x Riesling) x 2, Hibernal → 82,04%V.vinifera +1,95%V.labrusca +14,06%V.rupestris +1,95%V.riparia. Winogrona odmiany Hibernal charakteryzowały się odpowiednią, jasno zielonkawą barwą z odcieniem różowym. Grona były dojrzałe, zdrowe, bez uszkodzeń. Nie stwierdzono obecności pleśni, zaoctowania, podfermentowania gron. Winogrona odszypulkowano, zważono, dokładnie zmiażdżono i podzielono na trzy części. Pierwsza z nich stanowiła próbę odniesienia (Próba 1, WBH 1), nie była poddana działaniu PEF. Dwie kolejne próby poddano

działaniu impulsowego pola elektrycznego przez 10 s, o częstotliwości 20 impulsów/sekundę i dwóch wartości natężenia 3,3 kV/cm (Próba 2, WBH 2, n=6) oraz 5 kV/cm (Próba 3, WBH 3, n=6, gdzie n jest liczbą powtórzeń). Do przeprowadzenia badań z zastosowaniem PEF zostało wykorzystane stanowisko laboratoryjne składające się z:

- generatora impulsów wysokiego napięcia którego napięcie regulowane był za pomocą potencjometru w zakresie od 0 do 30kV,
- systemu kontroli – który umożliwił nastawę ilości impulsu oraz odstępu czasu pomiędzy nimi,
- komory w której zachodzi wyładowanie i w której znajdują się dwie płaskie elektrody, pomiędzy którymi umieszczona była celka z moszczem winogronowym.

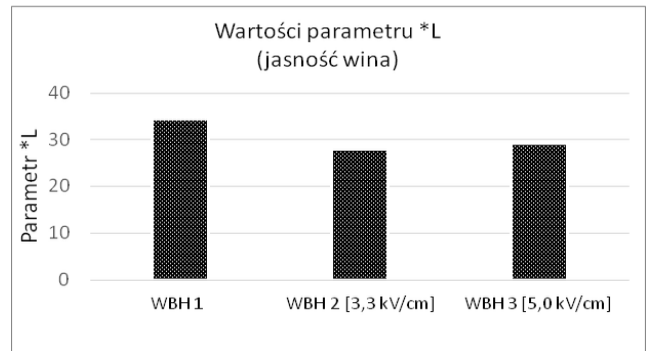
Celki o pojemności 200ml i w kształcie walca o wysokości 8cm zbudowane są z materiału dielektrycznego, w nich umieszczany był przetwarzany produkt (przygotowane winogrona). Podstawy celki stanowiły 2 elektrody: górna i dolna, z czego górna służyła jako nakrętka zabezpieczająca produkt przed wypłynięciem. Po umieszczeniu celki pomiędzy elektrodami w komorze moszcz winogronowy poddawany był działaniu pola elektrycznego. Przed przystąpieniem do badań stanowisko badawcze zostało sprawdzone pod względem płynności regulacji napięcia oraz powtarzalności napięcia impulsów. Dobór parametrów do badań został zrealizowany przez przeprowadzenie wielu prób testowych, w których pod uwagę były brane: ilość impulsów, wartość napięcia, odstęp czasowy pomiędzy impulsami oraz temperatura próbki. Po przeprowadzeniu badań kontrolnych dobrano następujące parametry dla napięcia 20kV (natężenia pola 3,3 kV/cm): ilość impulsów 200 impulsów, powtarzających się co 10s. Dla maksymalnego możliwego do ustawienia napięcia 30kV (natężenia pola 5 kV/cm): 200 impulsów o powtarzających się co 15s. Badań dla niższych wartości natężenia pola elektrycznego nie prowadzono. W trakcie procesu oddziaływania pola elektrycznego wykonywany był pomiar temperatury z wykorzystaniem termopary. Temperatura próbek wahała się w zakresie 19 - 21°C. Następnie moszcz winogronowy został przełożony do celki i umieszczony w komorze elektroporatora. Na generatorze zostało ustawione napięcie wyładowania oraz w systemie kontroli zostały zadane parametry impulsu. Po poddaniu moszczu procesowi elektroporacji kontrolowano temperaturę mieszaniny. Jeżeli temperatura nie przekraczała 24°C próbka została przekładana do szklanego balonu fermentacyjnego. Pojemność pojemnika roboczego wynosiła 200 ml. Wszystkie procesy przeprowadzane były w identycznych warunkach oraz ustawieniach urządzenia uznanego za optymalne dla zadanych wartości natężenia pola elektrycznego. Po wykonaniu 6 próbek dla danej odmiany winogron i danych warunków doświadczenia celka, w której znajdował się moszcz była dokładnie czyszczona.

Następnie winogrona (WBH 1, WBH 2, WBH 3) poddano procesowi fermentacji zgodnie z procedurami stosowanymi w przemyśle winiarskim (n=3). Fermentację prowadzono w szklanych naczyniach fermentacyjnych, przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Zastosowano suszone drożdże *Saccharomyces cerevisiae* (ConFerm Uni V, Eaton z serii Product Line), stosowane w produkcji żywności. Drożdże ConFerm Uni V hamują rozwój dzikich drożdży i niepożądanych bakterii, ponadto nie wytwarzają produktów ubocznych fermentacji takich jak SO₂, H₂S, aldehydu octowego, kwasu pirogronowego, α-ketoglutazarowego, lotnych kwasów i estrów. Do zamknięcia butli zastosowano korki zaopatrzone w rurkę fermentacyjną (zawór wodny umożliwiający odprowadzanie nadmiaru dwutlenku węgla). Fermentację prowadzono w temp.

20±2°C, przez okres 8 tygodni. W uzyskanych winach wykonano instrumentalnie obiektywny pomiar barwy (n=6) w taki sposób, aby odpowiadał on ocenie wzrokowej. Zastosowano Spektrofotometr Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (aperture 8 mm) (Japan), który w postaci liczbowej w oparciu o znormalizowany rachunek kolorymetryczny CIE Lab definiuje parametry barwy. Model barw CIE Lab został opracowany przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (CIE – fr. Commission Internationale de l'Eclairage) [26]. Znormalizowany system CIE pozwala na pełny opis każdej barwy stosując trzy zmienne, atrybuty barwy. Zalecany przez CIE system o nazwie CIE Lab składa się z dwóch osi, a^* i b^* , które usytuowane są względem siebie pod kątem prostym i definiują tonację barwy. Punkt ich przecięcia odpowiada barwie achromatycznej. Współrzędne a i b mogą przyjmować zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne. Dodatnie wartości współrzędnej a określają udział barwy czerwonej, ujemne – zielonej. Parametr a^* ma wartość na osi czerwieni i zieleni w przedziale $a \pm 120$, $b \pm 120$, parametr b^* wartości na osi żółcieni i błękitu w przedziale $a \pm 120$, $b \pm 120$. Trzecia oś (w punkcie barw achromatycznych) oznacza jasność L^* . Jest ona prostopadła do płaszczyzny $a^* b^*$. Oś jasności barwy L jest w skali od 0 (czerni) do 100 (biel) [26]. W badaniach uzyskano wartości składowe osi trójwymiarowej $L^*a^*b^*$, L^* jasność, wartość dodatnia a^* określiła udział barwy czerwonej, a dodatnia b^* ilość barwy żółtej. Do ustalenia rzeczywistych różnic barwy między analizowanymi winami (WBH 1, WBH 2, WBH 3) obliczono i przeanalizować składowe ΔL^* , Δa^* , Δb^* .

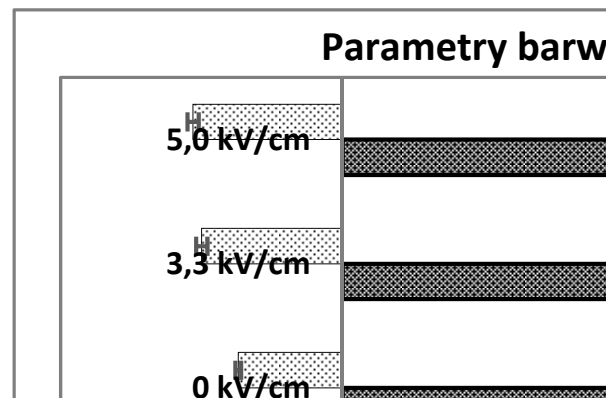
Omówienie wyników i dyskusja

Winogrona Hibernal są stosunkowo nową przerobową, odmianą niemiecką, choć są powszechniej uprawiane w Czechach i Polsce. Jest to gatunek międzyhybrydowy (Chancellor x Riesling) x2, z którego otrzymuje się wino wysokiej jakości, zgodnej z wymaganiami stawianymi w UE. Roślina ta charakteryzuje się bardzo wysoką mrozoodpornością, i dość późnym zbiorem (przypadającym na pierwszą dekadę października). Wino otrzymywane w wyniku fermentacji gron Hibernal w zależności od prowadzenia procesu i koloru gron ma barwy charakterystyczne dla win jasnych i różowych. Po 8 tygodniowej fermentacji oznaczono składowe barwy otrzymanych win, w tym parametr a^* , b^* i L^* . Zastosowany model CIE Lab, nie daje w pełni równomiernego rozłożenia barw w przestrzeni, jest jednak obecnie najpopularniejszym sposobem opisu barwy i stanowi podstawę współczesnych systemów diagnostyki barw, pozwalającym dodatkowo na niezależenie identyfikacji barw od klasy przyrządu rejestrującego (np. kamery lub spektrometru). W niniejszych badaniach wykazano, że L^* , czyli jasność win wynosi odpowiednio dla próby wina WBH 1 34,50±0,02, WBH 2 28,03±0,02, WBH 3 29,22±0,03. Uzyskane wina charakteryzowały dość umiarkowaną jasnością, charakterystyczną w przypadku win białych. Zaobserwowano, że wina otrzymane z gron, w których nie stosowano dodatkowych zabiegów z zastosowaniem PEF były jaśniejsze (co także potwierdza wyższą wartość parametru L^*). Z kolei w winach otrzymanych z gron w których stosowano impulsowe pole elektryczne przed procesem fermentacji parametr L^* (jasność) był niższy o 15÷19 % w porównaniu do prób WBH 1 (bez stosowania PEF). Uzyskane wyniki, świadczą o wydajnej ekstrakcji związków barwnych podczas procesu fermentacji, gdyż charakteryzują się niskimi wartościami L^* i wizualnie bardziej intensywną barwą. Na rys. 2 przedstawiono udział składowej czerwonej (a^*) i niebieskiej (b^*) w barwie win WBH 1, WBH 2 (3,3 kV/cm), WBH 3 (5 kV/cm).



Rys.2. Wartości parametru L w winach WBH 1, WBH 2 (3,3 kV/cm), WBH 3 (5 kV/cm).

Stwierdzono, że udział barwy czerwonej (parametr a^*) w winach (WBH 2, WBH 3) otrzymanych z winogron poddanych podczas obróbki wstępnej działaniu impulsowego pola elektrycznego jest wyższy w stosunku do wina, gdzie nie zastosowano PEF przed procesem fermentacji. Najwyższy udział składowej barwy czerwonej zaobserwowano w winach (Próba 3, WBH 3) w których zastosowano na winogrona pole elektryczne przez 10 s, o częstotliwości 20 impulsów/sekundę o natężeniu 5 kV/cm. W tym winie (WBH 3) parametr a^* wynosił 1,87±0,03 i był o 53,3% większy w odniesieniu do wina (WBH 1), w których nie stosowano PEF podczas obróbki wstępnej winogron. W przypadku oddziaływania PEF o natężeniu 3,3kV/cm wartość parametru a^* wzrosła o 36,1%. W przeprowadzonych analizach win parametr b^* osiągał wartości ujemne, co świadczy o udziale barwy niebieskiej. Stwierdzono, że w próbach win, które poddano działaniu impulsowego pola elektrycznego przez 10 s, o częstotliwości 20 impulsów/sekundę i natężeniu 3,3 oraz 5 kV/cm (WBH 3) udział barwy niebieskiej był odpowiednio o 35 i 43 % większy. Biorąc pod uwagę oznaczane składowe barwy w modelu CIE Lab uzyskane wyniki wskazują na większą wydajność ekstrakcji związków barwnych z winogron, które traktowano PEF. Intensywniejszą barwę wina uzyskano w próbach (WBH 3), w których zastosowano warunki PEF przez 10 s, o częstotliwości 20 impulsów/sekundę i natężeniu 5 kV/cm.



Rys.3. Udział składowej czerwonej (a^*) i niebieskiej ($-b^*$) w barwie win WBH 1, WBH 2 (3,3 kV/cm), WBH 3 (5 kV/cm).

Wyniki innych autorów dokumentują korelację między intensywnością parametrów barwy w systemie CIE Lab a zawartością związków o charakterze prozdrowotnym, które nadają barwę winom, są to m.in. związki polifenolowe, antocyjany [27]. W badaniach wykazano, że stosując PEF podczas obróbki wstępnej owoców winogron z odmian ciemnych zwiększa się ogólną zawartość związków polifenolowych, flawonoidów, a także związków barwnych antocyjanów [28]. Wykazano także korzystny wpływ

stosowania PEF podczas obróbki wstępnej na owoce winogron odmian intensywnie wybarwionych, z których otrzymywano wina czerwone. Zauważano większą intensywność zabarwienia win czerwonych, udział parametru *a (udział barwy czerwonej) i * - b (udział barwy niebieskiej), które otrzymano z owoców poddanych przed fermentacją działaniu impulsowego pola elektrycznego [23]. Wyniki przeprowadzonych badań wykazują korzystny wpływ impulsowego pola elektrycznego na barwę wina.

Podsumowanie

Technika PEF może być skuteczną metodą poprawy cech organoleptycznych wina, w tym zintensyfikowania barwy wina. Intensywność parametrów barwy wina koreluje z zawartością związków o charakterze prozdrowotnym, które nadają barwę winom, są to m.in. związki polifenolowe, antocyjany. Zastosowanie PEF jako obróbki wstępnej, nietermicznej w procesie maceracji winogron, przed procesem fermentacji wpływa korzystnie na intensywność barwy, w tym udział barwy czerwonej (*a), oraz udział barwy niebieskiej (*-b). Proponowane parametry PEF obróbki winogron przed procesem fermentacji to stosowanie impulsowego pola elektrycznego przez 10 s, o częstotliwości 20 impulsów/sekundę i wartości natężenia 5 kV/cm.

Autorzy: dr inż. Ewa Korzeniewska, Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej, ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, e-mail: ewa.korzeniewska@p.lodz.pl;

dr inż. Ilona Gałązka-Czarnecka, Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Technologii i Analizy Żywności, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź, e-mail: ilona.galazka-czarnecka@p.lodz.pl;

mgr inż. Andrzej Czarnecki, Politechnika Łódzka Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Technologii i Analizy Żywności, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź e-mail: andrzej.czarnecki@p.lodz.pl

LITERATURA

- Oziembłowski M., Dróżdż T., Wrona P. " Pulsed Electric Fields (PEF) treatment on microorganisms in the context of food technology" *Przegląd Elektrotechniczny* (2013) 89 (12): 222--225
- Oziembłowski M., Dróżdż T., Nawara P., Nęcka K., Lis S., Kielbasa P., Tomasiak M., Ostafin M. "The synergistic interaction of pulsed electric fields (PEF) and other methods on liquid food" *Przegląd Elektrotechniczny*, (2016) 92 (12): 121--124, doi:10.15199/48.2016.12.31
- Oziembłowski M., Dróżdż M., Kielbasa P., Dróżdż T., Gliniak M., Nawara P., Ostafin M., "Impact of pulsed electric field on the quality of unpasteurized beer," *Progress in Applied Electrical Engineering* (PAEE), Koscielisko 2017, pp. 1-4.
- Angersbach A., Heinz V., Knorr D. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 1, 135--149 (2000)
- Ou Q.-X., Nikolic-Jaric M., Ganzle M. Mechanisms of inactivation of *Candida humilis* and *Saccharomyces cerevisiae* by pulsed electric fields. *Bioelectrochemistry* 115, 47--55 (2017)
- Kotulska M. 2007a. Electrochemotherapy in cancer treatment. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 16, 601-607
- Odrizola-Serrano, I. Aguilo-Aguayo, R. SolivaFortuny, and O. Martin-Belloso. Pulsed electric fields processing effects on quality and health-related constituents of plant-based foods. *Trends in Food Science & Technology* 29, 98--107 (2013)
- Leong S. Y., Burritt D. J., Oey I. Evaluation of the anthocyanin release and healthpromoting properties of Pinot Noir grape juices after pulsed electric fields. *Food Chemistry* 196, 833--841 (2016)
- El Darra N., Rajha, M.-A. Ducasse H. N., Turk M. Grimi F. N., Maroun R. G., Louka N., Vorobiev E. Effect of pulsed electric field treatment during cold maceration and alcoholic fermentation on major red wine qualitative and quantitative parameters. *Food Chemistry* 213, 352--360 (2016)
- Buckow R., Chandry P.S., Ng S.Y., McAuley C.M., Swanson G. 2014. Opportunities and challenges in pulsed electric field processing of dairy products. *International Dairy Journal*. 34(2), 199-212.
- Knorr D., Angersbach A., Eshtiaghi M.N., Heinz V., Lee D.-U., 2001. Processing concepts based on high intensity electric field pulses, *Trends in Food Science and Technology*. 12, 129-135.
- Walkling-Ribeiro M., Noci F., Cronin D.A., Lyng J.G., Morgan D.J. 2010. Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. *LWT - Food Science and Technology*. 43(7), 1067-1073.
- Rymarczyk, T., Kłosowski, G. Kozłowski, E. A Non-Destructive System Based on Electrical Tomography and Machine Learning to Analyze the Moisture of Buildings, *Sensors*, (18) 2018, 2285
- Rymarczyk, T. & Kłosowski, G. Application of neural reconstruction of tomographic images in the problem of reliability of flood protection facilities. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 20 (2018), no. 3, 425-434
- Sekulska-Nalewajko J., Gocłowski J., Wielanek M., Gajewska E., Tamborski S.. "A Method for Thiarubrine Canals Extraction in Optical Coherence Tomography Images of *Schkuhria Pinnata* Roots" *Image Processing and Communication* (2014) 19 (2-3): 151-160.
- Gocłowski J., Sekulska-Nalewajko J., Korzeniewska E., Piekarska A. "The use of optical coherence tomography for the evaluation of textural changes of grapes exposed to pulse electric field". *Computers and Electronics in Agriculture* (2017) 142: 29-40.
- Glinka K., Wosiak A., Zakrzewska D. (2016). Improving children diagnostics by efficient multi-label classification method. In: Information Technologies in Medicine, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 471, pp. 253-266
- Bautista-Ortín A. B. et al.: The effects of enological practices in anthocyanins, phenolic compounds and wine colour and their dependence on grape characteristics. *J. Food Compos. Anal.* 2007; 20(7): 546--552
- Borbalán A. M. A., ZorroL., Guillén D. A., Barroso C. G. Study of the polyphenol content of red and white grape varieties by liquid chromatography-mass spectrometry and its relationship to antioxidant power. *Journal of Chromatography A*, 2003, 1012: 31-38
- Ryszawa N., Kawczyńska-Dróżdż A., Pryjma J., Cześnikiewicz-Guzik M., Adamek-Guzik T., Naruszewicz M., Korbut R., Guzik T.J.: Effects of novel plant antioxidants on platelet superoxide production and aggregation in atherosclerosis. *Journal of Physiology and Pharmacology* 57 (2006), 611-626
- Ozturk B, Anli E, Pulsed electric fields (PEF) applications on wine production: A review, *BIO Web of Conferences* 9, 02008 (2017), *World Congress of Vine and Wine*, 1-4, DOI: 10.1051/bioconf/20170902008 40th
- Korzeniewska E., Gałązka-Czarnecka I., Czarnecki A., Piekarska A., Krawczyk A., " Influence of PEF on antocyjans in wine", *Przegląd Elektrotechniczny*, (2018) 94 No 1 doi:10.15199/48.2018.01.15
- Gałązka-Czarnecka I., Korzeniewska E., Czarnecki A. "Impact of pulsed electric field on the colour of wine made from grapes Marechal Foch variety" *IEEE Explore 2018 Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE)* pp.33-36
- Sztafrowski D., Wróblewski Z., Łukaszewicz M.; „Evaluation of how low frequency magnetic field 50 Hz affect living cells" 2011 *Przegląd Elektrotechniczny* 87(2), pp. 250-254
- Sztafrowski, D., Kulczkowski K., Jaźwiec, B., Dec, M., Gumiel, J. „Effect of static magnetic field and Busulfan on HL-60 cell apoptosis" 2018 *Przegląd Elektrotechniczny* 94(1), pp. 109-112
- CIE Technical Report (2004) Colorimetry, 3rd ed. Publication 15:2004, CIE Central Bureau, Vienna.
- Esparza I, Santamaría C, Calvo I, Fernández JM. Significance of CIELAB parameters in the routine analysis of red wines. *CyTA - Journal of Food* 2009 11/01;7(3):189-199
- Gałązka-Czarnecka I., Korzeniewska E., Czarnecki A. "Influence of pulsed electric field on the content of polyphenolic compounds in wine." *IEEE Explore 2018 Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE)* pp.37-40