

Intensywność emisji fotonów z owoców gruszek w zależności od warunków pomiarów

Streszczenie. Według hipotezy Popp'a jakość żywności może być związana w dużej mierze z optymalnym i charakterystycznym poziomem emisji fotonów z poszczególnych produktów spożywczych. W pracy analizowano emisję fotonów z owoców gruszek ułożonych w komorze pomiarowej w sposób poziomy lub pionowy. Analizowano również intensywność emisji fotonów w trakcie trwania eksperymentu. Nie stwierdzono statystycznych różnic emisji fotonów ze względu na położenie owoców, ale stwierdzono zróżnicowanie intensywności emisji fotonów podczas trwania pomiarów.

Abstract. According to Popp's hypothesis, the quality of food can be significantly related to the optimal and characteristic level of photon emissions from the food products. Emission of photons from pear fruits positioned vertical or horizontal in experimental chamber was analyzed in our study. Intensity of photon emission in function of time was also examined. It was found that the position of fruit had no significant effect on the number of photons emitted from the products, nevertheless intensity of photon emission during measurements was statistically different in function of time. (*Intensity of photons emission from pears depending on the measurement conditions*).

Słowa kluczowe: ultra słaba luminescencja, jakość, owoce gruszeki, fotony
Keywords: ultra weak luminescence, quality, pear fruits, photons

Wstęp

Intensywność emisji fotonów przez produkty spożywcze może być skorelowana z poziomem ich przetworzenia oraz tzw. „naturalnością”. W poprzednich pracach wrocławsko-krakowskiego zespołu wykazano statystycznie istotną wyższą intensywność emisji fotonów w tradycyjnie wytwarzanych produktach takich jak pieczywo, ocet, surowiec jajczarski w porównaniu do podobnych produktów wytwarzanych metodą przemysłową [5]. Wielkość emisji fotonów z produktów spożywczych może być w pewien sposób modyfikowana (zwiększana) poprzez uprzednie naświetlanie sztucznym światłem, np. zielonym w odniesieniu do jabłek [8], czy też białym lub niebieskim w przypadku naświetlania nie tylko jabłek, ale również marchwi lub ziemniaków [4], co badano w kolejnych eksperymentach naszego zespołu.

Pomiar emisyjności fotonów w żywności może być uzupełniającą metodą oceny jej jakości w kontekście metod fizycznych [3]. Zjawisko emisji fotonów w żywności powiązane jest z ultra słabą luminescencją (USL), gdzie zakres spektralny tego promieniowania obejmuje obszar od ultrafioletu do bliskiej podczerwieni (200 -1000 nm) [1]. Żywność o optymalnej emisji fotonów, według hipotezy Popp'a [7], powinna przyczyniać się w organizmie ludzkim do porządkowania jego struktur i procesów (na różnych poziomach, w tym - komórkowym) poprzez efekt podobny do rezonansu ułatwiając w ten sposób przebieg wielu procesów metabolicznych.

Celem pracy było porównanie intensywności emisji fotonów z owoców gruszeki (odmiana *Konferencja*) w zależności od jej poziomego lub pionowego ułożenia w komorze badawczej, jak również analiza intensywności emisji fotonów (podczas eksperymentu) w funkcji czasu.

Materiały i metody

Standardowo przygotowanie próbek do określenia emisyjności fotonów z surowców i produktów żywnościowych oparte jest na wewnętrznej procedurze Laboratorium Eksperymentalnych Technik Badawczych Surowców i Produktów Biologicznych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie [2]. Każda próbka przeznaczona do badań zostaje umieszczona w opakowaniu światłoszczelnym i przechowywana jest w temperaturze 7-10°C przez okres 24 godzin. Wyjątek stanowią produkty łatwo zmieniające właściwości fizyczne, gdzie okres

przechowywania jest krótszy. Próbkę przygotowuje się do klasycznej analizy emisyjności fotonów w taki sposób, aby ich masa wynosiła 5 [g] +/-10%. Każdy produkt poddaje się badaniom w trzech powtórzeniach. Czas wykonania przedmiotowej operacji, tj. od momentu pobrania próbki z komory chłodniczej i rozhermetyzowania opakowania światłoszczelnego nie może być dłuższy niż 30 minut. Należy zaznaczyć, że operację tą wykonuje się w pomieszczeniu eliminującym promieniowanie słoneczne i stabilizowanym termicznie. Wyjątkiem, jeśli chodzi o standaryzowanie masy próbki przeznaczonej do analizy emisyjności fotonów, mogą być badania dla celów poznawczych całych produktów (np. owoców lub warzyw), co miało miejsce w naszym eksperymencie.

Analizowano owoce gruszeki, odmianę *Konferencja*, która jest popularna w Europie, zwłaszcza w Polsce. Drzewa kwitną pod koniec kwietnia i w pierwszych dniach maja, w zależności od pogody. *Konferencja* jest odmianą jesienną, zbieraną na przełomie września i października. Gruszeki te mają skórkę matową, lekko zieloną, w dolnej części brązowozłotą. Owoce mają zazwyczaj 10 cm długości oraz 6 cm szerokości. Ich miąższ jest żółtawobiały, soczysty, bardzo słodki i aromatyczny (Rys. 1). Owoce tej odmiany można przechowywać do listopada, zaś w warunkach chłodniczych nawet do kwietnia.



Rys. 1. Owoce gruszeki wykorzystane w eksperymencie, odmiana *Konferencja*

Do oznaczenia liczby fotonów wykorzystano stanowisko pomiarowe przedstawione na Rysunku 2, które służy do badań ultrasłabej emisji fotonowej z surowców i produktów biologicznych poprzez pomiar zaników fluorescencji metodą skorelowanego w czasie zliczania pojedynczych fotonów metodą TCSPC (Time-Correlated Single Photon Counting) za pomocą fotopowielacza umieszczonego nad komorą pomiarową, której parametry są regulowane przy wykorzystaniu oryginalnego oprogramowania BioLumi (Rys. 3).

W czasie pomiaru próbka znajdowała się w komorze światłoszczelnej w osi symetrii szczeliny fotopowielacza. Pomiar zaników fluorescencji metodą skorelowanego w czasie zliczania pojedynczych fotonów wizualizowany był w czasie rzeczywistym na ekranie komputera i archiwizowany w sposób automatyczny w jego pamięci.

Przed badaniem emisyjności fotonów wykonano kalibrację czujnika, co zawsze ma miejsce w dniu wykonywania pomiarów i polega na wyznaczeniu stosunku odpowiedzi układu na zadaną dawkę promieniowania według zależności [2]:

$$K = \frac{\bar{M} - \bar{M}_o}{D}$$

gdzie: K – współczynnik kalibracji, M – średnia z odczytu partii detektorów naświetlonych w jednakowych warunkach, M_o – średnia z odczytu tła, D – znana dawka użyta do kalibracji (400 fotonów).

Ponieważ współczynnik kalibracji mieścił się w przedziale $<0,8 ; 1>$, układ pomiarowy uznano za sprawny i gotowy do wykonywania pomiarów.

Zliczanie pojedynczych fotonów oparto na analizie procesu przetwarzania informacji (danymi wejściowymi była ilość fotonów zidentyfikowanych przez fotopowielacz, a danymi wyjściowymi – sumaryczna liczba fotonów z zadanego interwału czasowego) przy odpowiednich ustawieniach systemu pomiarowego.

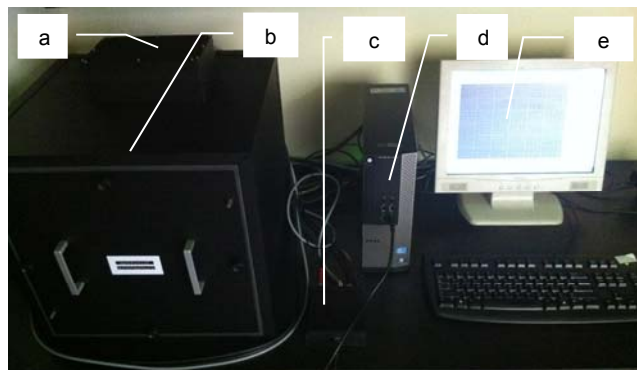
Interwał czasowy zliczania pojedynczych fotonów ustalany był doświadczalnie każdorazowo w zależności od badanego materiału. Minimalna długość interwału czasowego przebywania próbki w komorze światłoszczelnej przyjmuje się za właściwą w momencie kiedy różnica liczby fotonów zliczonych pomiędzy dwiema bezpośrednio sąsiadującymi, jednonominutowymi interwałami czasowymi jest mniejsza niż 10%.

Wynik pomiaru ultrasłabej emisji fotonowej stanowił bezwzględną różnicę między liczbą fotonów zarejestrowanych przez fotopowielacz w komorze z materiałem i liczbą fotonów zarejestrowanych przez fotopowielacza w komorze światłoszczelnej bez materiału, wg zależności $L=A-B$ [foton], gdzie: L – liczba fotonów emitowanych przez badaną próbkę, A – liczba fotonów emitowana przez próbkę umieszczoną w komorze światłoszczelnej, B – liczba fotonów emitowana przez pustą komorę światłoszczelną.

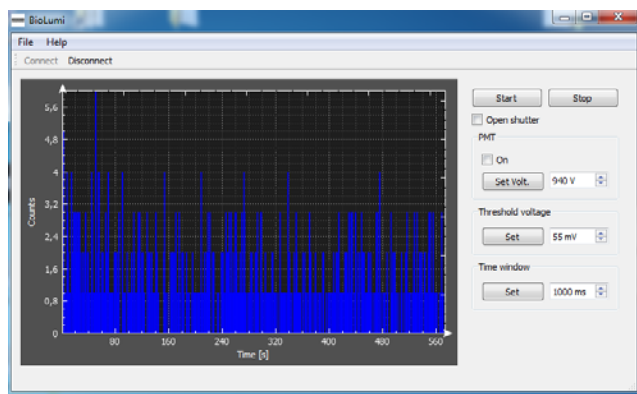
Biorąc powyższe pod uwagę ustalono, że całkowity czas jednego pomiaru wynosić będzie 600 [s] przy częstotliwości detekcji 1 [Hz], co dało łącznie 600 odczytów. Dla dwóch wariantów badawczych przy 30 powtórzeniach dokonano więc razem 36.000 odczytów.

30 owoców o znanej masie było umieszczanych w komorze badawczej urządzenia w pozycji poziomej lub pionowej (Rys. 4). Z tego względu, że masa owoców wynosiła od 125,0 [g] do 243,6 [g] wszystkie 36.000 odczytów przeliczono i wystandaryzowano na 100 [g] owocu. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej

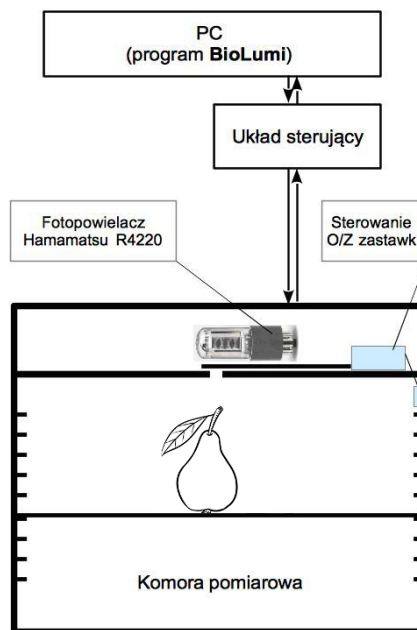
(analiza wariancji, test Duncana) wykorzystując do tego program *Statistica 12.5*.



Rys. 2. Prototypowy układ pomiarowy umożliwiający rejestrację liczby fotonów emitowanych z produktów spożywczych: a-element światłoczuły (fotopowielacz), b-komora pomiarowa, c-interfejs, d-komputer, e-program BioLumi



Rys. 3. Widok ogólny programu BioLumi do monitorowania i zapisywania ultrasłabej emisji fotonowej



Rys. 4. Ułożenie pionowe owocu gruszy w komorze pomiarowej. W tym samym miejscu umieszczano również ten sam owoc w położeniu poziomym.

Wyniki

Na Rys. 5 przedstawiono liczbę zarejestrowanych fotonów emitowanych ze 100 [g] owoców gruszek po przeliczeniu wartości empirycznych odnoszących się do poszczególnych owoców o znanej masie. Stwierdzono wprawdzie wyższą emisyjność z owoców ułożonych

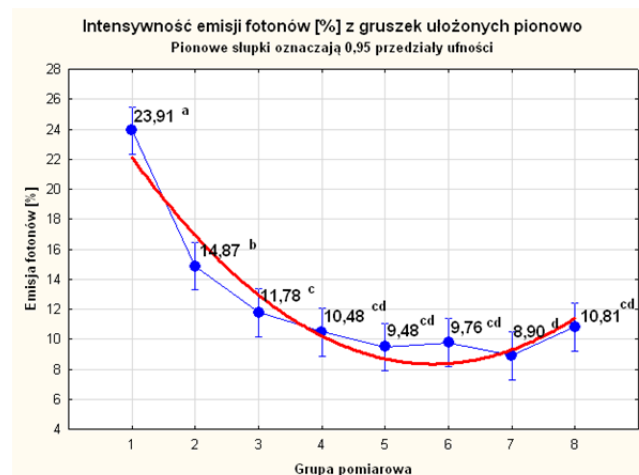
poziomo (668 fotonów emitowanych ze 100 [g] gruszki) w porównaniu do tych ułożonych pionowo (569 fotonów), jednak różnice te były statystycznie nieistotne, gdyż według testu Duncan'a uzyskano grupę jednorodną ($p \leq 0,05$).

Dokonano również analizy emisyjności fotonów z owoców gruszek w trakcie trwania eksperymentu. W tym celu całkowitą liczbę wyemitowanych fotonów w czasie 600 [s] pomiarów traktowano w obydwóch wariantach jako 100% i dokonano indywidualnego przeliczenia emisyjności (wyrażonej w procentach) osobno dla 8 grup pomiarowych (pierwsza grupa pomiarowa to pierwsze 75 [s] eksperymentu, zaś ósma – to ostatnie 75 [s]). Przy braku zróżnicowania intensywności emisji fotonów każda grupa pomiarowa powinna posiadać emisyjność na poziomie około 12,5% (tj. 100% / 8).

Zarówno w odniesieniu do prób ułożonych pionowo jak i poziomo stwierdzono statystycznie istotną większą emisyjność na początku eksperymentu, która malała w trakcie badań. Na Rys. 6 i 7 przedstawiono wszystkie wartości emisyjności w analizowanych 8 interwałach czasowych na tle wykreślonych krzywych trendu metodą NKWW, tj. „odwrotnie wykładniczą”.



Rys. 5. Intensywność emisji fotonów z owoców gruszek ułożonych pionowo lub poziomo w komorze badawczej urządzenia. Te same litery oznaczają grupy jednorodne ($p \leq 0,05$)



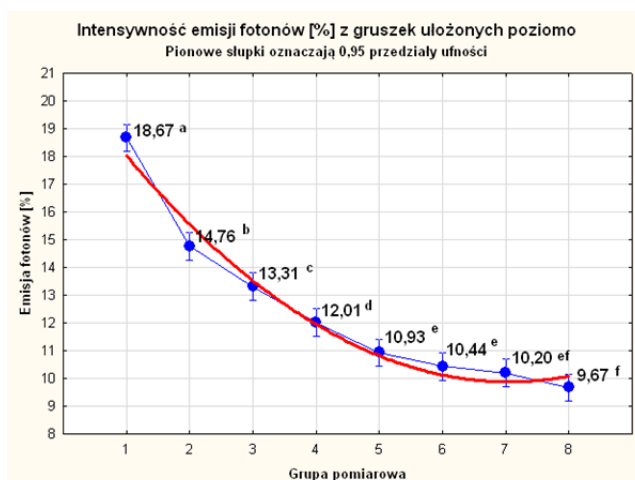
Rys. 6. Intensywność emisji fotonów z owoców gruszek ułożonych pionowo podczas trwania pomiarów. Te same litery oznaczają grupy jednorodne ($p \leq 0,05$)

W przypadku owoców gruszki ułożonych pionowo w ciągu pierwszych 75 sekund trwania eksperymentu zarejestrowano 23,91% całkowitej emisyjności fotonów. W kolejnych 75 sekundowych interwałach emisyjność ta statystycznie istotnie malała i wynosiła 14,87% oraz

11,78%. Kolejne interwały nie były już pomiędzy sobą istotnie zróżnicowane i wynosiły: 10,48%, 9,48%, 9,76%, 8,90% i 10,81%.

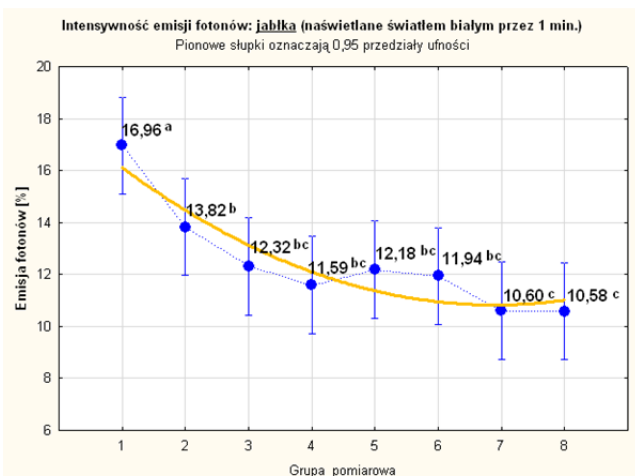
Emisyjność fotonów z owoców gruszki ułożonych poziomo była również najwyższa w ciągu pierwszego 75 sekundowego interwału i wynosiła 18,67%, aczkolwiek procentowo była na niższym poziomie w porównaniu do ułożenia pionowego. Emisyjność fotonów w kolejnych interwałach była statystycznie względem siebie coraz niższa i wynosiła 14,76%, 13,31% oraz 12,01%. Kolejne 3 interwały nie różniły się pomiędzy sobą pod względem emisyjności fotonów i wynosiły 10,93%, 10,44% i 10,20%. Najniższą emisyjnością charakteryzował się ostatni 75 sekundowy interwał, który był na poziomie 9,67% i nie różnił się statystycznie tylko z przedostatnim interwałem.

Ogólnie można stwierdzić, że zróżnicowanie pomiędzy 75 sekundowymi interwałami emisyjności fotonów było większe w przypadku owoców gruszek ułożonych poziomo (6 grup jednorodnych) w porównaniu do tych ułożonych pionowo (4 grupy jednorodne).



Rys. 7. Intensywność emisji fotonów z owoców gruszek ułożonych poziomo podczas trwania pomiarów. Te same litery oznaczają grupy jednorodne ($p \leq 0,05$)

Analizując emisyjność fotonów z owoców gruszek podczas trwania eksperymentu zaobserwowano podobną zależność jak w przypadku innych naszych badań odnoszących się do jabłek, które również charakteryzowały się statystycznie wyższą emisyjnością na początku pomiarów [4], co ukazano na Rys. 8.



Rys. 8. Intensywność emisji fotonów z jabłek podczas trwania pomiarów (naświetlanych uprzednio przez 1 minutę światłem białym) na tle krzywej trendu. Te same litery oznaczają grupy jednorodne ($p \leq 0,05$) [4]

Zróznicowanie to, chociaż statystycznie istotne, było mniejsze aniżeli w interwałach eksperymentu z gruszkami, gdyż w przypadku jabłek, w wariancie po 1 minutowym naświetlaniu owoców światłem białym lub niebieskim, stwierdzono tylko 3 grupy jednorodne. W przypadku nieco dłuższego naświetlania światłem białym lub niebieskim, tj. przez 3 lub 5 minut, zróznicowanie pomiędzy interwałami było nieco większe i we wszystkich wariantach stwierdzono po 4 grupy jednorodne [4].

Podobnych zależności nie zaobserwowano w naszych poprzednich badaniach w przypadku analizowanych warzyw, tj. marchwi oraz ziemniaków starych i młodych. Dotyczyło to wszystkich wariantów badawczych bez względu na barwę światła (białą lub niebieską) oraz czas naświetlania (1, 3 lub 5 minut) [4]. Tak więc do tej pory analizowane przez nas warzywa nie posiadają statystycznie istotnego zróznicowania emisyjności fotonów podczas trwania pomiarów.

Co więcej, podobne badania zupełnie innych produktów, tj. piw rzemieślniczych, również nie wykazały istotnej zmienności emisyjności fotonów w trakcie trwania pomiarów. Na 7 analizowanych piw, wprawdzie w 5 przypadkach stwierdzono 2 grupy jednorodne, ale 75 sekundowe interwały nie wykazywały tendencji rosnących lub malejących. W pozostałych 2 przypadkach stwierdzono tylko 1 grupę jednorodną, a więc świadczyło to o całkowitym braku zróznicowania [6].

Procedura pobierania próbek do badań emisyjności fotonów w Laboratorium Eksperymentalnych Technic Badawczych Surowców i Produktów Biologicznych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wprawdzie dokładnie precyzuje z jakich części owoców, warzyw oraz innych produktów spożywczych należy pobierać materiał, ale jak wykazują to nasze badania czynnik ten nie wydaje się być istotny. Niemniej jednak, dla uniknięcia niezamierzonych dodatkowych czynników zmienności, które w odniesieniu do konkretnych produktów spożywczych mogłyby jednak być istotne, procedura ta podaje szczegółowe zapisy jak pobierać próbki z poszczególnych grup żywności.

Nasza obecna wiedza na temat pewnego rodzaju różnej „akumulacji” fotonów w dotychczas przebadanych owocach, warzywach i piwach, pozwoliła doprecyzować procedurę pomiaru emisyjności fotonów również w aspekcie minimalizacji wystawiania analizowanych prób na światło tuż przed pomiarami [2].

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono statystycznie istotnie większą emisję fotonów z gruszek na początku eksperymentu zarówno w odniesieniu do owoców

ułożonych pionowo jak i poziomo. Nie stwierdzono natomiast różnicy w całkowitej emisyjności fotonów ze względu na ułożenie owoców w komorze badawczej urządzenia.

Przeprowadzone badania obecne i wcześniejsze nad emisyjnością fotonów w różnych produktach spożywczych umożliwiły wypracowanie odpowiednich procedur pomiarowych w Laboratorium Eksperymentalnych Technic Badawczych Surowców i Produktów Biologicznych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Autorzy: dr inż. Maciej Oziębłowski, mgr Magdalena Drózdź, dr hab. Agnieszka Nawirska-Olszańska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. Chełmońskiego 37, 51-630 Wrocław, E-mail: maciej.ozieblowski@upwr.edu.pl, dr inż. Piotr Nawara, inż. Katarzyna Drobna, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki 30-149 Kraków, ul. Balicka 116 b, E-mail: rtnawara@cyf-kr.edu.pl

LITERATURA

- [1] Borc R., Jaśkowska A., Dudziak A., Ultra słaba emisja fotonowa z układów żywych, (2015), Politechnika Lubelska
- [2] Kiełbasa P., Badania ultrasłabej emisji fotonowej z surowców i produktów biologicznych, procedura badawcza, (2018), Laboratorium Eksperymentalnych Technic Badawczych Surowców i Produktów Biologicznych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
- [3] Kiełbasa P., Drózdź T., Nawara P., Drózdź M., Wykorzystanie emisji biofotonów do parametryzacji jakościowej produktów spożywczych, Przegląd Elektrotechniczny, 1/93 (2017), 153-156
- [4] Oziębłowski M., Drózdź M., Juliszewski T., Trzyniec K., Wpływ naświetlania światłem białym lub niebieskim na wielkość emisji fotonów w wybranych produktach spożywczych, Przegląd Elektrotechniczny, 2/94 (2018), 104-107
- [5] Oziębłowski M., Drózdź M., Kiełbasa P., Drózdź T., Gąsiorowski A., Nawara P., Tabor S., Ultra słaba luminescencja (USL) jako potencjalna metoda oceny jakości żywności tradycyjnej, Przegląd Elektrotechniczny, 12/93 (2017), 131-134
- [6] Oziębłowski M., Drózdź M., Nawara P., Trzyniec K., Popardowski E., Nawirska-Olszańska A., (2018), Analysis of ultra-weak photon emission from craft beers, Zastosowania elektromagnetyzmu w nowoczesnych technikach i medycynie, XXVIII Sympozjum Środowiskowe, Raclawice, 9-12.09.2018, 241-243
- [7] Popp F.A., Yan Y., Delayed luminescence of biological systems in terms of coherent states, (2002), Physics Letters, A 293, 93-97
- [8] Trzyniec K., Kiełbasa P., Oziębłowski M., Drózdź M., Nawara P., Posytek Z., Leja R., Wykorzystanie emisji fotonów do oceny jakości jabłek, Przegląd Elektrotechniczny, 12/93 (2017), 183-186