

Analiza fotometryczna struktury wybranych rodzajów opakowań stosowanych w przemyśle przetwórczym i kosmetycznym

Streszczenie. Badania dotyczą wpływu stopnia tłumienia promieniowania świetlnego przez powierzchnię szklaną opakowania spożywczego. Badania zostały przeprowadzone dla źródeł światła naturalnego i sztucznego, którego promieniowanie przenikało szkło kolorowane. Analizowane szkło w niewielkim stopniu przepuszcza całe spektrum światła widzialnego, szczególnie dotyczy to składowej widma światła fioletowej a jednocześnie przepuszcza pewną część promieniowania w zakresie podczerwieni.

Abstract. The study deals with the effect of light radiation suppression on the glass surface of the food packaging. The research was conducted for natural and artificial light sources whose radiation penetrated colored glass. The analyzed glass transmits a small amount of visible light, especially the composition of the violet light spectrum, and at the same time transmits some of the infrared radiation. Photometric analysis was conducted of the structure of selected types of packaging used in the processing and cosmetic industries. **The effect of light radiation suppression on the glass surface of the food packaging**

Słowa kluczowe: promieniowanie świetlne, opakowania, spektrofotometr, przechowywanie

Keywords: light radiation, packaging, spectrophotometer, storage

Wstęp

Opakowanie stanowi element zintegrowany z produktem, zabezpiecza jego wartość użytkową, promuje wyrób, a także umożliwia jego identyfikację. Ponad połowa opakowań produkowanych na świecie wykorzystywana jest w branżach związanych z przemysłem żywnościowym oraz kosmetycznym. Materiałami opakowaniowymi najczęściej są: papier i karton, tworzywa sztuczne, metal, drewno i szkło. Dziś opakowanie powinno spełniać nie tylko funkcje ochronne, informacyjne czy marketingowe, ale również szereg innych, które zwiększają atrakcyjność i trwałość produktu żywnościowego i kosmetycznego. Ciągłe rosnący asortyment tworzyw sztucznych, ich liczne modyfikacje, a nawet możliwość programowania pożądanych właściwości, decyduje o stale zwiększającym się udziale tych materiałów w pakowaniu zarówno produktów przemysłowych jak i spożywczych. O tak szerokim zastosowaniu tworzyw sztucznych do celów opakowaniowych decydują m.in. cechy: mała masa właściwa, termoplastyczność ułatwiająca formowanie dowolnych kształtów opakowań, odporność na szeroki zakres temperatur, łatwość ciecicia i zgrzewania ułatwiająca wykorzystanie maszyn pakujących, właściwości dielektryczne, podatność na laminowanie, drukowanie i metalizowanie, możliwość produkcji w dowolnych kolorach. Ograniczenia w zastosowaniu opakowań powstałych z tworzyw sztucznych wynikają z możliwości przenikania do produktu szkodliwych związków oraz ewentualna interakcja z produktem. Nie można również pomijać zagrożeń dla środowiska naturalnego, które są związane przede wszystkim z trudnym i długotrwałym rozkładem opakowań użytkowych.

Współczesne opakowanie produktów przetwórczych branży spożywczej często nosi nazwę „opakowania inteligentnego”, ponieważ poza tradycyjnymi funkcjami może posiadać kilka innych, które pozwalają odczytać z niego dodatkowe informacje dotyczące m.in. jakości produktu, okresu przechowywania itp. Inteligentne opakowanie i inteligentne opakowanie jako podgrupa stają się coraz bardziej popularne na świecie [1]. Informacja jaką niesie ze sobą opakowanie pozwala wykluczyć poprzez zastosowanie czujnika chemicznego towary przechowywane w nieodpowiednich warunkach gdzie podstawowe parametry tj. temperatura, wilgotność, naprzemienne zamrażanie i odmrażanie oraz natężenie

światła itp., nie zostały zachowane. Stosowane są optyczne czujniki tlenu i wskaźniki dwutlenku węgla [2,3,4], które stosują zasadę wygaszania luminescencji lub zmiany barwy spowodowane przez kontakt z substancjami toksycznymi. Wykorzystuje się również biosensory optyczne, które wskazują toksyczne mikroorganizmy charakterystyczne dla psucia się żywności [5]. Zastosowanie nanocząstek tlenku cynku i jego nanokompozytów powoduje, że opakowanie ma właściwości antybakteryjne [6], cząstki te mają właściwości absorbujące promieniowanie i mogą zmienić kolor adekwatnie do stanu zapakowanej żywności [7,8,9].

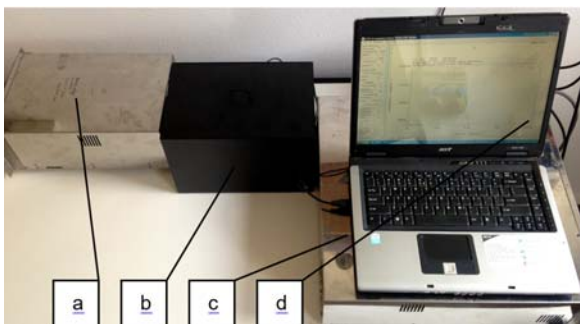
Bardzo istotną rolę wśród rodzajów opakowań odgrywają opakowania szklane, których jakość obecnie jest bardzo wysoka. Szkło jest obojętne chemicznie i nie wywiera szkodliwego wpływu na przechowywaną w takim opakowaniu substancję. Jest odporne chemicznie na wpływ atmosfery oraz kwasy, zasady i wodę. Jest nieprzepuszczalne dla płynów, pary wodnej, zapachów, gazów. Może być kształtowane w dowolny sposób i kolorowane w sposób sprzyjający utrzymaniu specyficznych walorów przechowywanej substancji. Spośród opakowań szklanych najczęściej używa się butelek, opakowań farmaceutycznych i kosmetycznych oraz słoików. Wydaje się koniecznością prowadzenie badań dotyczących parametryzacji szkła przeznaczonego na opakowania, oraz gotowych opakowań różnej struktury pod względem przenikalności światła, które wpływać na przechowywaną substancję, nawet w postaci emisji wtórnej [10]. Dotyczy to szczególnie opakowań wprowadzanych na rynek dla substancji o skomplikowanym składzie i wysokiej cenie jednostkowej oraz specyficznych walorach.

Stanowisko pomiarowe

Do rejestracji widma wykorzystano stanowisko pomiarowe wyposażone w spektrofotometr wielokanałowy C5964 firmy Hamamatsu (rys.1).

Pomiar polega na generowaniu przez źródło światła (a) widma ciągłego, które przechodzi przez komorę światłoszczelną (b), następnie przez szczelinę i odbija się od siatki dyfrakcyjnej, następnie promieniowanie odbija się od lustra i jest rejestrowane przez spektrofotometru wielokanałowy (c). Spektrofotometr wielokanałowy połączony jest z kontrolerem, który umożliwia odczyt widma w Application Software (d). Pomiar polega na umieszczeniu

próbki (opakowania) w komorze światłoszczelnej (rys. 2) w osi oddziaływania wymuszenia świetlnego. Wygenerowane światło przechodzi przez analizowany materiał i jest następnie rejestrowane przez spektrofotometr.

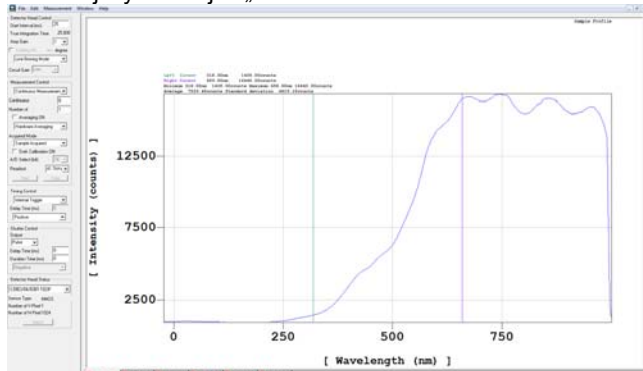


Rys. 1. Widok stanowiska pomiarowego: a-źródło światła; b-komora światłoszczelna; c-spektrofotometr wielokanałowy C5964 z kontrolerem; d-Applicator Software

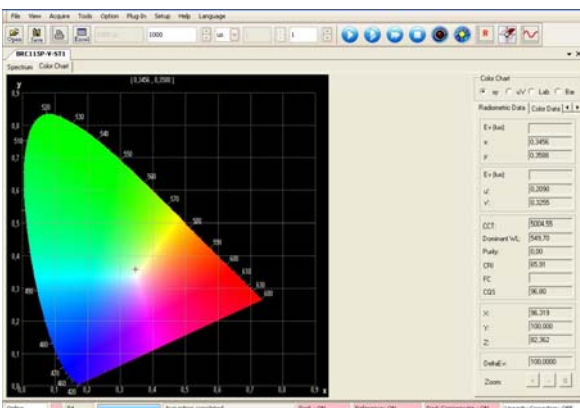


Rys. 2. Komora światłoszczelna

Interfejs programu komputerowego służącego do wizualizacji charakterystyki widmowej światła (rys. 3) gdzie na osi rzędnych opisana jest (Intensity) wartość wyrażona w „mV”, natomiast oś odciętych przedstawia długość fali świetlnej wyrażonej w „nm”.



Rys. 3. Interfejs programu wykorzystanego do analizy promieniowania



Rys. 4. Charakterystyka źródła światła stanowiącego wymuszenie

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystykę widmową źródła światła, którym oddziaływano na opakowanie szklane. Przedmiotową charakterystykę wykonano czujnikiem spektrometrycznym „Spektrometr Exemplar” o zakresie długości fali wynoszącym 200 nm do 1050 nm i szybkości odczytu 2 Hz.

Metodyka badań

Badania dotyczyły opakowań z przemysłu kosmetycznego o różnego rodzaju kształcie i przeznaczeniu (rys. 5). Pomiar dotyczył określenia widma światła, które przechodzi przez opakowanie. W tym celu umieszczano każde opakowanie w komorze światłoszczelnej i po stabilizacji układu przeprowadzono badania. Pomiar wykonywano stosując różne kombinacje ułożenia pojemników, również przy ich otwarciu. Pomiarami objęto także denka i wieczka pojemników. Zasada działania nowoczesnych opakowań (inteligentnych) polega na takiej ich konstrukcji, żeby do chronionego produktu przedostawała się tylko założona część promieniowania. W badanych próbkach fiolet szkła działał jako naturalny filtr. Szklany Mirón fioletowy przepuszcza całe spektrum światła widzialnego, z wyjątkiem składowej fioletowej. Jednocześnie przepuszcza pewną części promieniowania w zakresie widmowym UV-A i podczerwieni.



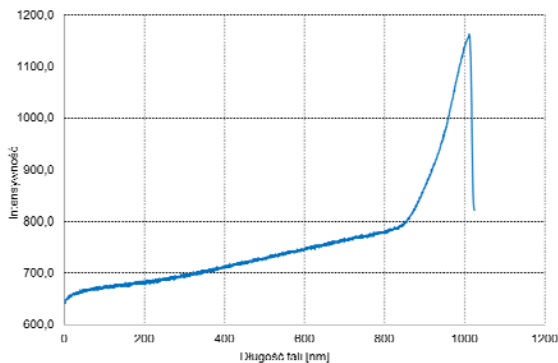
Rys. 5. Opakowania szklane poddane badaniom

Ta unikalna kombinacja zapewnia optymalną ochronę przed procesami starzenia powodowane przez światło widzialne, dlatego prowadzi do przedłużonej trwałości produktów.

Wyniki badań

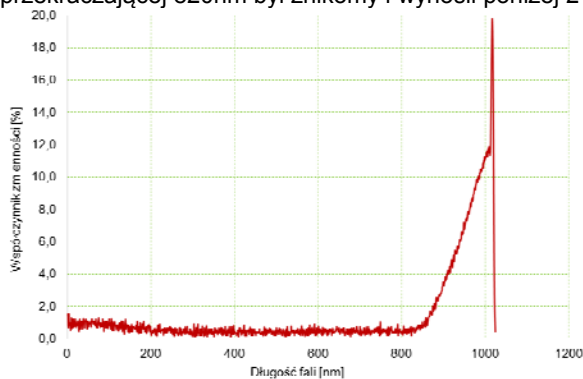
Spektroskopia optyczna obejmuje metody badania materii przy użyciu promieniowania elektromagnetycznego z zakresu widzialnego, które może być w danym układzie wytwarzane lub może z układem oddziaływać. Na rysunku 6 przedstawiono uśrednioną charakterystykę widmową promieniowania elektromagnetycznego przechodzącego przez szkło opakowania, które było mierzone w pięciu punktach rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie płaszczyzny bocznej przedmiotowego opakowania. Odnotowano wyraźny spadek intensywności promieniowania elektromagnetycznego w całym mierzonym spektrum świetlnym. Zaobserwowano, że promieniowanie o długości fali do ok. 800nm dostaje się do środka pojemnika w minimalnej ilości, natomiast po przekroczeniu w/w długości fali następuje gwałtowny wzrost przepuszczalności pojemnika szklanego. Badane szkło w niewielkim stopniu przepuszcza całe spektrum światła widzialnego, szczególnie składowej fioletowej (intensywność ok. 700 jednostek). Jednocześnie przepuszcza pewną części promieniowania w zakresie podczerwieni. Być może ta

kombinacja zapewni optymalną ochronę przed procesami starzenia powodowane przez światło widzialne i będzie prowadziła do przedłużonej trwałości produktów.

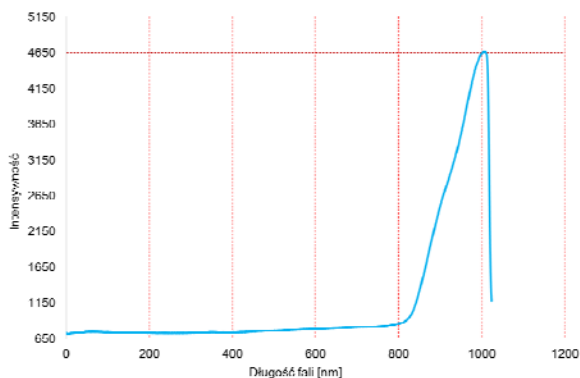


Rys. 6. Średnia charakterystyka przepuszczalności części bocznej opakowania

Zmienność wyników badań w zależności od identyfikowanej długości fali elektromagnetycznej po jej przejściu przez materiał przedstawiono na rysunku 7. Odnotowano, że współczynnik zmienności wyników intensywności promieniowania przeprowadzonych pomiarów dotyczących długości fali elektromagnetycznej nie przekraczającej 820nm był znikomy i wynosił poniżej 2%.



Rys. 7. Zróżnicowanie wyników badań w obrębie przepuszczalności promieniowania przez ściany boczne opakowania



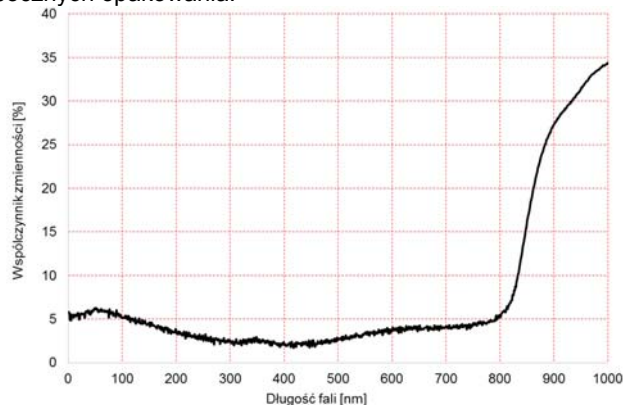
Rys. 8. Średnia charakterystyka przepuszczalności denka opakowania

Znacznie wyższe zróżnicowanie wyników wynoszące ok. 20% odnotowano w przypadku identyfikacji promieniowania elektromagnetycznego gdzie długość fali przekraczała 820nm, należy jednak zaznaczyć że wartości

skrajne zróżnicowania miały charakter incydentalny i nie wpływały istotnie na wyniki badań.

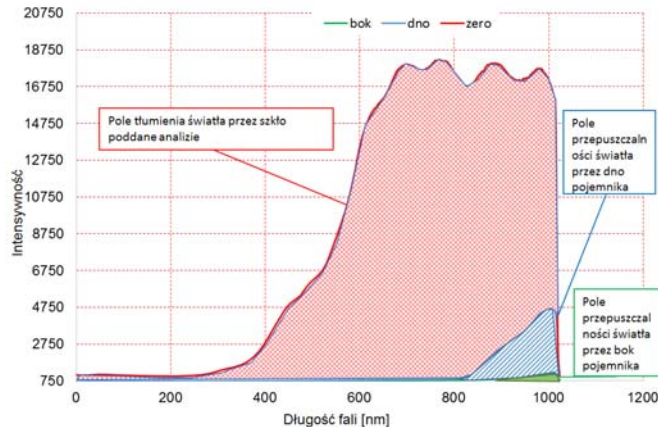
Na rysunku 8 przedstawiono uśrednioną charakterystykę widmową promieniowania elektromagnetycznego po przejściu przez szkło z którego wykonano denko opakowania. Odnotowano, że w przypadku promieniowania elektromagnetycznego, którego długość fali nie przekracza 800 nm charakterystyka krzywej przepuszczalności jest podobna do charakterystyki szkła z którego wykonane są ścianki boczne opakowania (patrz rys. 6). Znaczne różnice zaobserwowano po przekroczeniu długości fali 820 nm, gdzie intensywność promieniowania wynosiła ok. 7800 jednostek.

Odnotowywane wartości intensywności światła są wyższe w stosunku do wartości odnotowanych dla ścian bocznych opakowania, ale może myć to wynikiem podwójnego przejścia promieniowania elektromagnetycznego przez badany materiał. Stwierdzono również znaczne zróżnicowanie wyników w obrębie badań dna opakowania, które wyrażone w postaci współczynnika zmienności wynosiło od 3% do 35%. Charakterystyka przebiegu zmienności (rys. 9) jest podobna do charakterystyki zmienności w przypadku pomiarów ścianek bocznych opakowania.



Rys. 9. Zróżnicowanie wyników badań w obrębie przepuszczalności promieniowania przez denko opakowania

Na rysunku 10 przedstawiono zestawienie stopnia przepuszczalności promieniowania elektromagnetycznego badanych elementów opakowania z uwzględnieniem wymuszenia stanowiącego punkt wyjścia do analizy wyników badań.

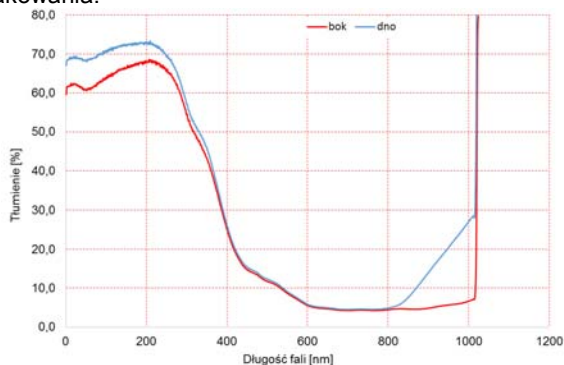


Rys. 10. Przepuszczalność promieniowania świetlnego opakowania w odniesieniu do zadanego wymuszenia

Promieniowanie elektromagnetyczne stanowiące wymuszenie charakteryzowało się intensywnością przekraczającą wartość 16700 jednostek w zakresie od 650 nm do 1000 nm, nieco niższa intensywność występował w

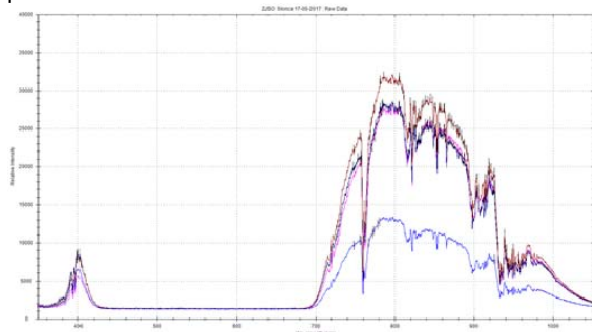
zakresie długości fali od 400 nm do 650 nm, która wynosiła odpowiednio od 2750 do 15000 jednostek. Obszar promieniowania którego intensywność została istotnie zmniejszona przez materiał z którego wykonano opakowanie (kreskowanie koloru czerwonego). Biorąc pod uwagę dno opakowani odnotowano, że jego zdolności tłumiące w obrębie długości fali 850 nm – 1000 nm są nieco mniejsze (kreskowanie niebieskie) od tłumienia ścian bocznych pojemnika, którego stopień eliminacji intensywności promieniowania jest bardzo wysoki (kreskowanie koloru zielonego).

Na rysunku 11 przedstawiono stopień przechodzącego przez opakowanie promieniowania elektromagnetycznego wymuszanego przez źródło sztuczne. Należy zaznaczyć, że w przypadku promieniowania o długości fali wynoszącej 600nm – 800nm przedostaje się tylko 5% promieniowania stanowiącego wymuszenie. Linia koloru czerwonego oznaczano szkło z którego wykonano ścianki boczne opakowania natomiast linia koloru czerwonego szkło z którego wykonano denko opakowania. Nie odnotowano istotnych różnic w przebiegu charakterystyk tłumienia promieniowania w między wyszczególnionymi elementami opakowania.



Rys. 11. Stopień intensywności promieniowania po przejściu przez ścianki opakowania

W przypadku wymuszenia naturalnego, którym było promieniowanie słoneczne o intensywności 66000 jednostek wykonano pomiary czujnikiem CCD spectrometers Exemplar umieszczonym wewnątrz opakowania. W analizowanym przypadku należy wziąć pod uwagę brak standaryzacji wymuszenia, którego konsekwencją jest zróżnicowanie wyników badań. Na rysunku 12 przedstawiono charakterystykę intensywności promieniowania elektromagnetycznego oddziaływującego na przechowywaną substancję w przypadku oddziaływania promieniowania słonecznego.



Rys. 12. Przepuszczalność opakowania w przypadku oddziaływania światła dziennego

Odnotowano, że opakowanie w znacznym stopniu ogranicza intensywność promieniowania słonecznego, praktycznie go eliminując w przedziale długości fali

wynoszącym od 430nm do 700nm. Po przekroczeniu wartości 700nm stopień intensywności promieniowania elektromagnetycznego rośnie do wartości ok. 30000 jednostek przy długości fali wynoszącej ok. 800 nm a następnie maleje.

Wnioski końcowe

Zaprezentowana metoda pozwala na analizę fotometryczną opakowań szklanych różnego przeznaczenia. Badane opakowanie wykonano z materiału umożliwiającego selektywną przepuszczalność widma promieniowania. Analizowane szkło w niewielkim stopniu przepuszcza całe spektrum światła widzialnego, szczególnie składowej fioletowej (intensywność ok. 700 jednostek). Jednocześnie przepuszcza pewną część promieniowania w zakresie podczerwieni. Być może ta kombinacja zapewni optymalną ochronę przed procesami starzenia powodowane przez światło widzialne i będzie prowadziła do przedłużonej trwałości produktów.

Autorzy: dr inż. Tomasz DRÓŻDŹ, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, E-mail: Tomasz.Drozdz@ur.krakow.pl; dr hab. inż. Paweł KIEŁBASA, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, E-mail: Pawel.Kielbasa@urk.edu.pl; dr inż. Piotr NAWARA, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, E-mail: Piotr.Nawara@urk.edu.pl; dr inż. Karolina TRZYNIEC, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, E-mail: Karolina.Trzyniec@urk.edu.pl; dr inż. Maciej GLINIĄK, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, E-mail: Maciej.Gliniak@urk.edu.pl; dr inż. Maciej OZIEMBLOWSKI, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności, E-mail: Maciej.Oziembowski@up.wroc.pl; mgr Magdalena DRÓŻDŹ, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności, E-mail: magdalena.j.drozdz@gmail.com.

LITERATURA

- [1] P. Suppakul, J. Miltz, K. Sonneveld, and S. W. Bigger. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications, *Journal of Food Science*, vol. 68, no. 2, pp. 408–420.
- [2] C. H. T. Vu and K. Won. 2013. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging, *Food Chemistry*, vol. 140, no. 1-2, pp. 52–56.
- [3] L. Roberts, R. Lines, S. Reddy, and J. Hay. 2011. Investigation of polyviologens as oxygen indicators in food packaging, *Sensors and Actuators, B: Chemical*, vol. 152, no. 1, pp. 63–67.
- [4] P. Puligundla, J. Jung, and S. Ko. 2012. Carbon dioxide sensors for intelligent food packaging applications, *Food Control*, vol. 25, no. 1, pp. 328–333.
- [5] A. Pacquit, J. Frisby, D. Diamond. 2007. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage, *Food Chemistry*, vol. 102, no. 2, pp. 466–470.
- [6] X. H. Li, Y. G. Xing, W. L. Li, Y. H. Jiang, and Y. L. Ding. 2010. Antibacterial and physical properties of poly(vinyl chloride)-based film coated with ZnO nanoparticles, *Food Science and Technology International*, vol. 3, no. 16, pp. 225–232.
- [7] K. L. Yam, P. T. Takhistov, and J. Miltz. 2011. Intelligent packaging: concepts and applications, *Journal of Food Science*, vol. 70, no. 1, p. 10.
- [8] O. Sarapulova, V. Sherstiuk, and V. Shvalagin. 2013. Luminescent nanosized composites for indicating and preventing compositional changes of packaged products in modern printed packaging, *Nanoscience and Nanotechnology Letters*, vol. 5, no. 11, pp. 1141–1146.
- [9] O. Sarapulova, V. Sherstiuk., V. Shvalagin., A. Kukhta. 2015. Photonics and Nanophotonics and Information and Communication Technologies in Modern Food Packaging, *Nanoscale Research Letters*, 10 (1), art. no. 229, 8 p.
- [10] Kielbasa P., Dróżdź T., Nawara P., Dróżdź M. 2017. Wykorzystanie emisji biofotonów do parametryzacji jakościowej produktów spożywczych. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 1, s. 153-156.