

WSKAŹNIK DO OCENY OBECNOŚCI TLENU W OPAKOWANIU ŻYWNOŚCI

*W celu przedłużenia trwałości produktów spożywczych stosuje się metody chemiczne, fizyczne oraz odpowiednie opakowania. Wśród opakowań szczególnie ciekawe wydają się tzw. opakowania aktywne i inteligentne, których zadaniem jest przedłużenie okresu przechowywania produktów oraz dostarczenie konsumentowi informacji o opakowanym produkcie. W pracy badano mieszaniny związków chemicznych, które zmieniają swoją barwę w obecności tlenu. Takie układy mogą stanowić podstawę konstrukcji wskaźnika tlenu, będącego elementem opakowania inteligentnego. Jako podstawowe substancje do budowy wskaźnika wykorzystano barwniki red-oks: błękit metylenowy, fiolet krystaliczny oraz rezazurynę. Zbadano zmiany absorpcji otrzymanych wskaźników w zakresie 450–800 nm, zmiany barw poszczególnych wskaźników w systemie $L^*a^*b^*$ oraz możliwość ich wykorzystania do monitorowania obecności tlenu w opakowaniu podczas przechowywania.*

Słowa kluczowe: opakowanie inteligentne, wskaźnik tlenu.

WSTĘP

Tlen jest pierwiastkiem niezbędnym dla życia, jednak jego obecność wewnątrz opakowania jest głównym powodem przyspieszonego psucia się żywności. Można go usunąć z opakowania, stosując pakowanie próżniowe lub wykorzystując pakowanie w modyfikowanej atmosferze. Pakowanie próżniowe umożliwia zachowanie wysokiego poziomu jakości żywności, stanowiąc zabezpieczenie przed przebiegiem wielu niepożądanych procesów. Pakowanie próżniowe przedłuża trwałość opakowanej żywności, chociaż w mniejszym stopniu aniżeli pakowanie w modyfikowanej atmosferze (MAP). Pakowanie w modyfikowanej atmosferze zapewnia lepszą ochronę produktu oraz wydłuża okres jego trwałości.

W zależności od rodzaju produktu stosuje się różne mieszaniny gazów, stanowiące atmosferę wewnątrz opakowania. Niekiedy unika się obecności tlenu, który jest odpowiedzialny za przyspieszone psucie się żywności. Obecność tlenu wpływa bowiem na rozwój tlenowej mikroflory bakteryjnej oraz przyczynia się do utleniania i jęłczenia tłuszczu. Wydaje się że zarówno pakowanie próżniowe, jak i pakowanie w MAP osiągnęły kres swoich możliwości w zakresie dalszego wydłużania okresu przechowywania opakowanej żywności.

Rozwiązaniem może być stosowanie opakowań inteligentnych i aktywnych regulujących i kontrolujących skład atmosfery wewnątrz opakowania. Tego rodzaju

systemy poza wydłużeniem czasu przechowywania umożliwiają monitorowanie niektórych warunków przechowywania produktów [3, 4].

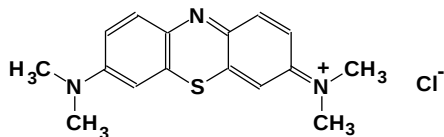
Wśród wielu rodzajów opakowań aktywnych i inteligentnych ważne miejsce zajmują absorbery tlenu i wskaźniki jego obecności. Wskaźniki pozwalające wykryć tlen w opakowaniu mogą być wykorzystywane do monitorowania jego szczelności w przypadku, gdy wyjściowa mieszanina gazów nie zawierała tlenu [10]. Idealny wskaźnik powinien posiadać takie cechy jak: niska cena, możliwość odczytu bez konieczności posługiwania się kosztowną aparaturą, możliwość łatwego odczytu przez konsumenta. Powinien być nietoksyczny, trwały i umożliwiać łatwe wprowadzenie do opakowania. Przedstawiane w literaturze przedmiotu wskaźniki obecności tlenu (ze względu na mechanizm reakcji) można podzielić na następujące grupy: wskaźniki oparte na zmianie właściwości fizykochemicznych atmosfery opakowania, wskaźniki red-oks, wskaźniki oparte na reakcjach kompleksowania oraz wskaźniki luminescencyjne [9]. W niniejszej pracy podjęto próbę otrzymania wskaźnika tlenu opartego na barwnikach red-oks oraz sprawdzono ich działanie podczas przechowywania w opakowaniu wykonanym z folii polipropylenowej. Przebadano mieszaniny, których podstawowymi składnikami były: błękit metylenowy, fiolet krystaliczny oraz rezazuryna. W założeniu otrzymane wskaźniki miały informować o zmianach zawartości tlenu w granicach 0,1 do 5%.

1. MATERIAŁY I METODYKA

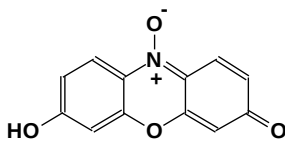
1.1. Przygotowanie wskaźnika

Do przygotowania wskaźnika wykorzystano następujące substancje: agar, glukozę, wodorotlenek sodu oraz wodę destylowaną. Wzory chemiczne zastosowanych barwników przedstawiono na rysunku 1.

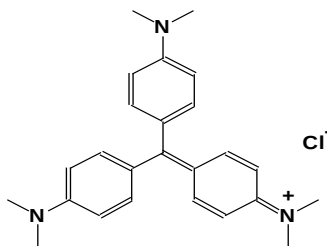
- a) błękit metylenowy (chlorek 3,7-bis(dimetyloamino)feno-5-tioazynowy, $(C_{16}H_{18}ClN_3S)$)



- b) rezazuryna (7-hydroksy-3H,-fenoksyazyno-3-on-10-osydo, $C_{12}H_7NO_4$)



c) fiolet krystaliczny (chlorek heksametylo-p-rozaniliny, ($C_{25}H_{30}N_3Cl$))



Rys. 1. Wzory chemiczne barwników: a) błękitu metylenowego, b) rezazuryny, c) fioletu krystalicznego

Fig. 2. Chemical structures of dyes: a) methylene blue, b) resazurine, c) crystal violet

W pierwszym etapie do wody destylowanej (45 ml) dodano agar (1 g) i całość podgrzano, jednocześnie mieszając. Po rozpuszczeniu agaru roztwór ochłodzono oraz dodano 1 ml 10% roztworu glukozy i 5 ml 1% wodorotlenku sodu. Powstały roztwór przeniesiono do komory wypełnionej argonem, dodając odpowiedni barwnik (0,625 ml, 0,2%). Po dokładnym wymieszaniu całość pozostawiono w krystalizatorze w atmosferze argonu do uzyskania konsystencji ciała stałego. Z powstałych warstw wycinano próbki do dalszych pomiarów.

1.2. Pomiar stężenia tlenu

Stężenie tlenu w opakowaniu mierzono za pomocą aparatu OxySense Gen III przy wykorzystaniu czujników OxyDots. Czujniki OxyDots były kalibrowane i wprowadzane do wnętrza każdego opakowania zawierającego wskaźnik. Kalibrację przeprowadzono przy użyciu trzech mieszanin gazów wzorcowych zawierających tlen w stężeniu od 0 do 5% [9].

1.3. Pomiar widm UV-VIS

Widma UV-VIS badanych wskaźników barwników zarejestrowano, w zakresie 450–800 nm, za pomocą spektrofotometru UV-VIS-NIR Cary 5E firmy Varian. Pomiary wykonano na warstwach wskaźników o grubości 0,5 cm, nakładanych na

płytki szklane, które umieszczano w komorze pomiarowej w miejscu przeznaczonym dla kuwety.

1.4. Pomiar barwy w systemie CIE $L^*a^*b^*$

Pomiar barwy wykonano za pomocą kolorymetru trójbodźcowego Minolta Chroma Meter CR 200 firmy Minolta, wykorzystującego źródło światła D65 i geometrię układu pomiarowego d/0 (oświetlenie próby światłem rozproszonym, pomiar światła odbitego pod kątem 0°). Barwę wyrażono w systemie $L^*a^*b^*$, w którym L^* oznacza jasność, a^* – udział barwy czerwonej (wartości dodatnie) lub zielonej (wartości ujemne), b^* – udział barwy żółtej (wartości dodatnie) lub niebieskiej (wartości ujemne). Wynik końcowy stanowi średnia z pięciu pomiarów [2].

Na podstawie uzyskanych wyników obliczano różnicę barw wskaźników przechowywanych w różnych warunkach otoczenia. Różnicę pomiędzy dwoma barwami obliczono za pomocą wyrażenia:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

W tabeli 1 przedstawiono stopnie zmiany barwy w zależności od wartości ΔE .

Tabela 1. Stopnie zmiany barwy w zależności od wartości ΔE [11]

Table 1. The degrees of changes of color depends on the value of ΔE [11]

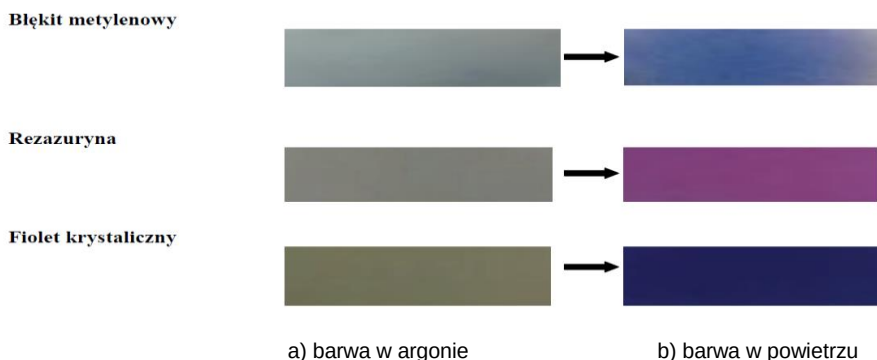
Wartość ΔE	Ocena zmiany barwy przez standardowego obserwatora
$0 < \Delta E < 1$	Zmiana niezauważalna
$1 < \Delta E < 2$	Zmiana niezauważalna przez doświadczonego obserwatora
$2 < \Delta E < 3,5$	Zmiana niezauważalna przez niedoświadczonego obserwatora
$3,5 < \Delta E < 5$	Wyraźna różnica barw
$5 < \Delta E$	Wrażenie dwóch różnych barw

2. REZULTATY I DISKUSJA WYNIKÓW

W literaturze przedmiotu zdecydowanie najczęściej spotyka się badania dotyczące wskaźników, opartych na zmianie barwy błękitu metylenowego. Dotyczy to przede wszystkim układów opartych na wskaźnikach red-oks, ale równie często ten barwnik jest wykorzystywany do konstrukcji wskaźników luminescencyjnych [7]. Znacznie rzadziej można znaleźć badania dotyczące wykorzystania alternatywnych wskaźników red-oks [1]. Podobnie w propozycjach komercyjnych dominuje błękit metylenowy. W związku z powyższym w pracy sprawdzono możliwość wykorzystania innych wskaźników red-oks. W tym celu wykonano mieszaniny różniące się stosunkiem wagowym składników oraz zawartymi w nich

barwnikami. Sprawdzono zdolność tych mieszanin do zmiany barwy przy wprowadzeniu do gazu (argonu), otaczającego wskaźnik tlenu, oraz szybkość obserwowanych zmian. Badania prowadzono z wykorzystaniem błękitu metylenowego, fioletu krystalicznego oraz rezazuryny.

Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcia wskaźników naniesionych na płytkę szklaną w atmosferze argonu oraz w atmosferze zawierającej azot i tlen. Z przedstawionego rysunku wynika wyraźnie, że we wszystkich badanych przypadkach następuje zmiana barwy widoczna gołym okiem.



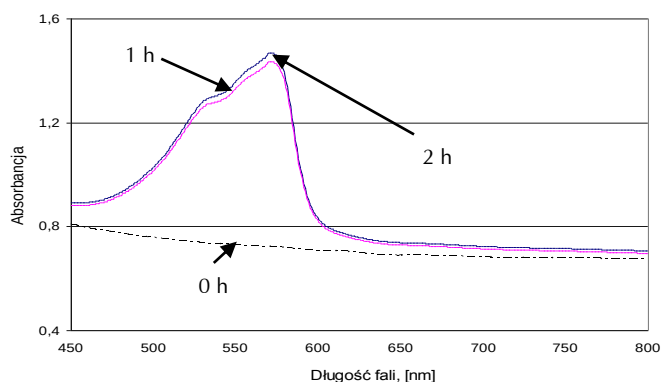
Rys. 2. Barwa badanych wskaźników w argonie i powietrzu

Fig. 2. The color of prepared indicators studied in argon and air

2.1. Pomiar widm UV-VIS

Widma badanych wskaźników w zakresie 450–800 nm wykonano za pomocą spektrofotometru Cary E 500. Pomiary wykonywane były bezpośrednio po wyjęciu próbek z argonu. W początkowej fazie badań pomiary wykonywano w odstępach 1-minutowych. Jednak nie zaobserwowano istotnych różnic absorbancji, których można było oczekiwać, biorąc pod uwagę, np. szybkość reakcji handlowego wskaźnika Ageless-Eye, dlatego w dalszym etapie wykonano badania co godzinę [12].

Na rysunkach 3–5 pokazano widma badanych wskaźników po upływie 1 i 2 godzin od momentu ich kontaktu z tlenem zawartym w atmosferze.

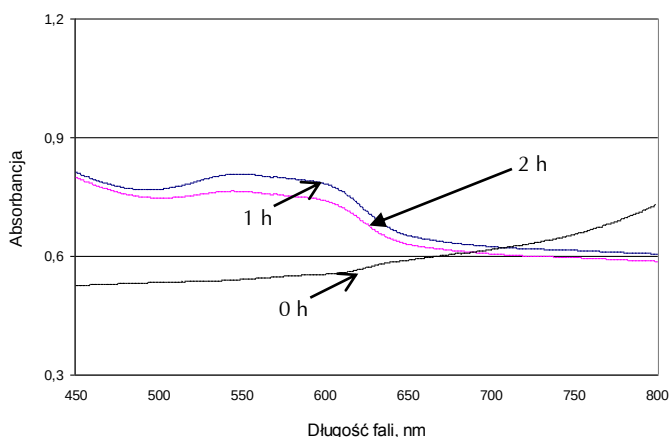


Rys. 3. Widma absorbancji wskaźnika zawierającego w składzie rezazurynę

Fig. 3. The absorbance spectra of indicator with resazurin

W przypadku wskaźnika zawierającego rezazurynę zauważono, że po pierwszej godzinie od momentu umieszczenia go w atmosferze zawierającej tlen nastąpiła wyraźna zmiana absorbancji w zakresie 500–600 nm (rys. 3). Kontynuując pomiary w dłuższym czasie, nie zaobserwowano dalszych jej zmian.

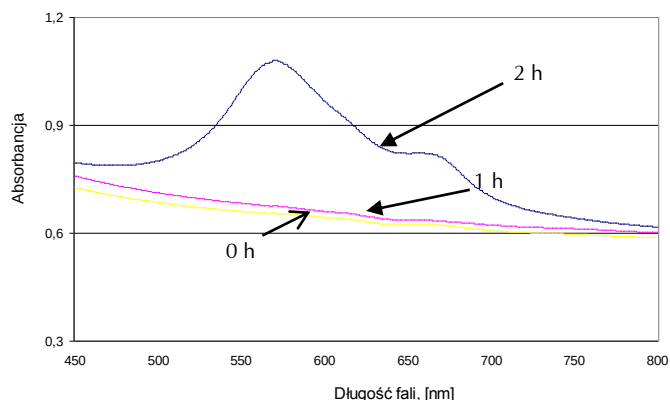
Podobny charakter zmian absorbancji obserwowano w przypadku wskaźnika zawierającego w swoim składzie fiolet krystaliczny (rys. 4). Zmiany następowały w zakresie długości fali 500–600 nm. Jednak ich szybkość była zdecydowanie mniejsza w porównaniu z układem zawierającym rezazurynę. Dopiero wyniki uzyskane po 2 i 3 godzinach przechowywania wskaźnika w powietrzu były niemal identyczne, co świadczy o osiągnięciu stanu równowagi.



Rys. 4. Widma absorbancji dla wskaźnika zawierającego w składzie fiolet krystaliczny

Fig. 4. The absorbance spectra of indicator with crystal violet

W przypadku wskaźnika zawierającego w swoim składzie błękit metylenowy (rys. 5) przez pierwszą godzinę po umieszczeniu jej w atmosferze zawierającej tlen nie zauważono żadnych zmian absorbancji. Dopiero po dwóch godzinach próbka zmieniała swoją barwę, osiągając stan końcowy. Wyraźne zmiany absorbancji obserwowano w zakresie 550–650 nm. Dalsze przechowywanie wskaźnika w obecności tlenu nie spowodowało żadnych zmian.



Rys. 5. Widma absorbancji dla wskaźnika zawierającego w składzie błękit metylenowy

Fig. 5. The absorbance spectra of indicator with methylene blue

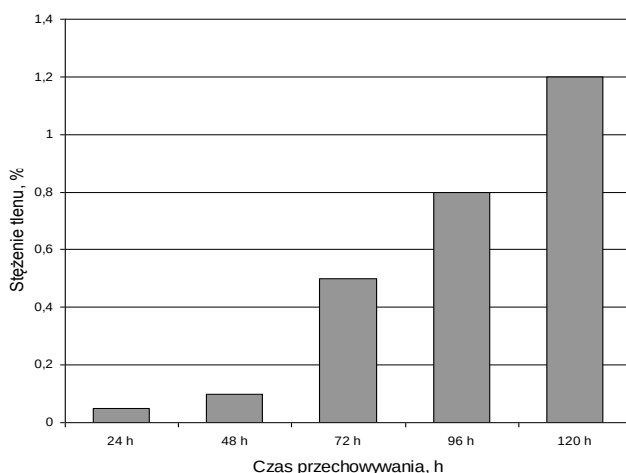
Mniejsza szybkość zmiany absorbancji oznacza niższą szybkość utleniania barwnika, w porównaniu z badaniami prowadzonymi przez innych autorów, co wynika prawdopodobnie z niższej szybkości dyfuzji cząsteczek tlenu w zaproponowanym układzie, tj. agar/NaOH/glukoza w porównaniu do proponowanych w literaturze przedmiotu wskaźników. W badanych układach można wykorzystać inne reagenty, np. Mowry i inni [8] oraz Kreuziger i inni [5] w swoich pracach używali kwasu askorbinowego jako reduktora. Również agar można zastąpić innym nośnikiem, np. Lawrie i inni [6] zamiast agaru stosowali hydroksymetylocelulozę. Wprawdzie użycie agaru w omawianym w pracy układzie spowodowało spowolnienie zabarwienia błękitu metylenowego, jednak proces ten nie powinien wpływać na możliwość jego wykorzystania do monitorowania składu atmosfery opakowania (w przypadku braku tlenu). Zmiana zabarwienia zachodząca po godzinie zamiast kilku minut nie powinna mieć znaczenia w badaniu szczelności opakowań towarów przechowywanych przez okres co najmniej kilku dni.

2.2. Pomiar barwy w systemie CIE L*A*B*

Symulując rzeczywiste warunki pakowania, otrzymane wskaźniki przechowywano na tackach polipropylenowych przez okres 120 godzin, tj. 5 dni. Tacki ze wskaźnikiem zostały opakowane folią termozgrzewalną z polipropylenu o grubości

25 μm i przenikalności tlenu równej $35 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ w temperaturze 23°C , przy 50% RH oraz ciśnieniu 1 atm. Bezpośrednio po zapakowaniu mieszanina gazów wewnątrz opakowania nie zawierała tlenu. Tacki przechowywano w komorze klimatycznej (KBK–200WL Wytwórnia Aparatury Medycznej WAMED) w temperaturze 25°C oraz wilgotności względnej 50-55%. Bezpośrednio po zamknięciu opakowania i następnie w odstępach 24-godzinnych dokonywano pomiaru barwy wskaźnika oraz pomiaru stężenia tlenu w atmosferze opakowania (rys. 6).

Zgodnie z przewidywaniem folia polipropylenowa mimo dobrych właściwości barierowych względem tlenu nie zapobiegła jego pojawieniu się w atmosferze opakowania. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania zwiększało się stężenie tego pierwiastka w atmosferze opakowania, osiągając 1,2% po 120 godzinach. Taka zawartość tlenu w opakowaniu powoduje reakcję komercyjnego wskaźnika Ageless Eye, który według deklaracji producenta powinien uzyskać końcowe zabarwienie przy stężeniu tlenu przekraczającym 0,5% (początek reakcji przy stężeniu $> 0,1\%$). Powinna również wywołać zmianę zabarwienia testowanych w pracy wskaźników.



Rys. 6. Zmiany stężenia tlenu w opakowaniu w zależności od czasu przechowywania

Fig. 6. *The changes of oxygen concentration in the package depends on the storage time*

Na podstawie pomiarów wykonanych za pomocą kolorymetru trójbodźcowego obliczano różnicę barw wskaźników przechowywanych w ustalonych warunkach otoczenia.

W tabeli 2 przedstawiono wartości ΔE w zależności od czasu przechowywania poszczególnych wskaźników.

Tabela 2. Wartość parametru ΔE w zależności od czasu przechowywania poszczególnych wskaźników**Table 2.** The value of ΔE parameters of each indicator depends on the storage time

Barwnik wskaźnika	Czas przechowywania				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
Błękit metylenowy	$\Delta E = 1,24 \pm 0,02$	$\Delta E = 2,37 \pm 0,10$	$\Delta E = 3,26 \pm 0,06$	$\Delta E = 4,02 \pm 0,03$	$\Delta E = 4,51 \pm 0,06$
Rezazuryrna	$\Delta E = 0,10 \pm 0,00$	$\Delta E = 2,19 \pm 0,00$	$\Delta E = 3,23 \pm 0,007$	$\Delta E = 3,29 \pm 0,01$	$\Delta E = 3,36 \pm 0,09$
Fiolet krystaliczny	$\Delta E = 0,17 \pm 0,06$	$\Delta E = 0,28 \pm 0,34$	$\Delta E = 0,88 \pm 0,01$	$\Delta E = 1,95 \pm 0,00$	$\Delta E = 2,43 \pm 0,11$

ΔE – średnia arytmetyczna z 5 pomiarów ($n = 5$).

Z przedstawionych w tabeli 2 wyników widać wyraźnie, że we wszystkich przypadkach zaobserwowano zmianę parametru ΔE wraz z czasem przechowywania i wzrastającym stężeniem tlenu w opakowaniu. Najwyższy wzrost zanotowano, gdy barwnikiem był błękit metylenowy, dla którego po 120 godzinach przechowywania ΔE osiągnęła wartość 4,51. Biorąc przy ocenie tego wskaźnika pod uwagę stopień zauważalnej zmiany barwy, już pierwszy pomiar po 24 godzinach przechowywania wskaźnika sugerował, że zmiana barwy powinna być zauważalna przez doświadczanego obserwatora ($1 < \Delta E < 2$). Po 48 godzinach przechowywania wskaźnika ΔE wynosiła 2,37 i zmiany powinien zauważyć także niedoświadczony obserwator. Dalsze przechowywanie (96 i 120 godzin) pogłębiało zabarwienie, a wartość parametru ΔE osiągała wartości 4,02 i 4,51, które świadczyły już o wyraźnej różnicy barw. Uzyskane wyniki wskazują, że wskaźnik zasygnalizuje zauważalnie obecność tlenu w opakowaniu już przy jego stężeniu przekraczającym 0,1%. Jest to wynik porównywalny z deklarowanym dla produktu handlowego Ageless Eye.

W przypadku wskaźnika, zawierającego w składzie rezazurynę, widoczną zmianę barwy zaobserwowano po 48 godzinach przechowywania i przy stężeniu tlenu przekraczającym 0,1%. Osiągnięta wartość $\Delta E = 2,19$ świadczy, że zmiana barwy powinna być zauważalna dla niedoświadczanego obserwatora. W kolejnych dobach zmiany koloru wprawdzie nie są już tak duże (od 3,23 do 3,36), ale nadal pogłębiają się.

Podobne do omawianych powyżej zmiany obserwowano dla wskaźnika zawierającego w składzie fiolet krystaliczny. Zasadniczą różnicą jest jednak ich mniejsza intensywność, dopiero bowiem po 72 godzinach od momentu zapakowania wskaźnika ΔE różnica barw osiągnęła wartość 0,88, a po kolejnych 24 godzinach wyniosła 1,95, co pozwala doświadczonemu obserwatorowi zauważyć zmianę. Aby osiągnąć wartość ΔE ($\Delta E > 2$), zauważalną przez niedoświadczanego obserwatora, wskaźnik z fioletem krystalicznym potrzebował 120 h (stężenie tlenu 1,2%).

Wyniki pomiarów zmian absorbancji otrzymanych w pracy wskaźników pokazują, że czas, który upływa od momentu ich kontaktu z tlenem do uzyskania końcowego zabarwienia, jest stosunkowo długi (około 1–2 godzin) w porównaniu ze wskaźnikami wykorzystującymi jako nośnik hydroksymetylocelulozę lub

nakładanymi bezpośrednio na płytkę szklaną lub folię, a zmieniającymi swoje zabarwienie już po kilkunastu minutach. Porównując jednak szybkość ich reakcji do szybkości przenikania tlenu przez folię polipropylenową, można założyć, że tempo zmian ich barwy jest wystarczające do monitorowania stężenia tego pierwiastka w opakowaniu. Z przeprowadzonych badań wynika również, że obserwowalne zmiany przy wykorzystaniu jako barwnika błękitu metylenowego i rezazuryny pojawiają się przy stężeniu tlenu przekraczającym 0,1%, natomiast przy zastosowaniu fioletu krystalicznego konieczne jest zwiększenie jego stężenia do około 0,8%. Jednocześnie największą zmianę barwy obserwowano w przypadku błękitu metylenowego, a najmniejszą dla fioletu krystalicznego. Użycie agaru jako nośnika związków chemicznych składających się na wskaźnik powoduje wprawdzie zmniejszenie szybkości jego reakcji, ale ułatwia posługiwanie się wskaźnikiem. Dodatkową zaletą agaru jako nośnika jest brak zagrożenia dla środowiska.

PODSUMOWANIE

Otrzymane, a następnie zbadane, wskaźniki wykazywały wyraźne zmiany barwy podczas kontaktu z tlenem. Zmiany były wprawdzie stosunkowo wolne, jednak wystarczające dla monitorowania stężenia tego pierwiastka w opakowaniu. Biorąc pod uwagę zarówno czas reakcji, jak i wielkość zmian barwy, mierzoną parametrem ΔE , najlepszym barwnikiem do zastosowania przy tworzeniu wskaźnika wydaje się być błękit metylenowy. Dobre rezultaty uzyskano również, wykorzystując rezazurynę. W przypadku fioletu krystalicznego zmiana barwy jest mniejsza i potencjalny konsument może mieć trudności z prawidłowym odczytaniem wyniku. W związku z powyższym błękit metylenowy i rezazuryna są odpowiednie do stosowania we wskaźnikach, za pomocą których można monitorować obecność nawet niewielkich stężeń tlenu w opakowaniach, natomiast fiolet krystaliczny może mieć potencjalne zastosowanie w przypadkach, gdy zawartość tlenu w opakowaniu przekroczy kilka procent.

LITERATURA

1. Cierpiszewski R., Kozak W., *Wskaźnik obecności tlenu w opakowaniach*, „Opakowanie”, 2010, nr 4, s. 26–31.
2. Clydesdale F.M., *Instrumental techniques for color measurement of foods*, Food Technology, 1976, 10, s. 52–59.
3. Czapski J., *Zmiany jakości żywności w czasie przechowywania*, [w:] *Opakowania żywności*, red. B. Czerniawski, J. Michniewicz, AGRO FOOD TECHNOLOGY, Czeladź 1998.
4. Dainelli D., Gontard N., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beuken E., Tobback P., *Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns*, Trends in Food Science & Technology, 2008, 19, s. 103–112.

5. Kreuziger Keppy N., Allen M.W., *Analysis of Methylene Blue Reduction by Ascorbic Acid*, Thermo Fisher Scientific, Madison 2010.
6. Lawrie K., Mills A., Hazafy D., *Simple inkjetprinted, UV-activated oxygen indicator*, Sensors and Actuators B: Chemical, 2010, doi:10.1016/j.snb.2012.10.125.
7. Mills A., *Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food*, Chem. Soc. Rev., 2005, 34, s. 1003–1010.
8. Mowry S., Orgen P.J., *Kinetics of Methylene Blue Reduction by Ascorbic Acid*, Journal Chem. Ed., 1999, 76(7), s. 970–974.
9. *OxySense Gen III Operations Manual*, OxySense, Inc., Dallas 2010.
10. Summers L., *Intelligent Packaging*, Centre for Exploitation of Science and Technology, London 1992.
11. [http://w3.efi.com/pt/\(5.05.2014\)](http://w3.efi.com/pt/(5.05.2014)).
12. <http://www.mgc.co.jp/eng/products/abc/ageless/eye.html> (5.05.2014).

INDICATOR TO MEASUREMENT OF OXYGEN IN PACKAGING FOOD

Summary

In order to prolong the lifetime of food products id used chemical, physical methods and appropriately selected package. In response to such demand appeared active and intelligent packaging. They are intended to extend life time of foods and provide the consumer the information about the product. In this study systems appropriately selected chemical compounds, respectively sensitive to the presence of oxygen. Such systems may provide a basis for the construction indicator of oxygen which is part of the intelligent packaging. As materials change color dyes used: methylene blue, crystal violet and rezasurin. For the solutions were prepared spectrum in the range of 450–800 nm. In addition, assessed the change of color of each indicator in the $L^ a^* b^*$.*

Keywords: intelligent packaging, oxygen indicator.