

WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE FILMÓW Z IZOLATU BIAŁEK  
SERWATKOWYCH Z DODATKIEM WYBRANYCH OLEJÓW  
ROŚLINNYCH\*

*Sabina Galus, Justyna Kadzińska*

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-775 Warszawa  
e-mail: sabina\_galus@sggw.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była analiza wpływu dodatku i ilości oleju: rzepakowego, z pestek dyni i orzechów laskowych na właściwości optyczne filmów serwatkowych. Filmy otrzymano z wodnych 10% roztworów izolatu białek serwatkowych i 50% dodatku glicerolu jako plastyfikatora względem masy białka. Do mieszaniny dodawano oleje w ilościach 0, 1, 2, 3% i homogenizowano do momentu uzyskania jednolitej emulsji. Roztwory powłokotwórcze rozlewano w stałej ilości na szalki Petriego i suszono w temperaturze 25°C i wilgotności względnej środowiska 50% przez 24h. Zmierzo barwę filmów w systemie CIE L\*a\*b\* i obliczono bezwzględną różnicę barwy. Na podstawie wartości absorbancji przy długości fali 600 nm obliczono nieprzezroczystość filmów. Dodatek olejów roślinnych do roztworów powłokotwórczych spowodował matowość filmów i brak transparentności. Zaobserwowano obniżenie jasności filmów z dodatkiem oleju z pestek dyni oraz wzrost tego parametru w przypadku filmów z dodatkiem oleju z orzechów laskowych. Uzyskano niższe wartości parametru  $a^*$  i wyższe parametru  $b^*$  wraz z rosnącym stężeniem olejów z pestek dyni i orzechów laskowych. Wzrost stężenia olejów roślinnych wpłynął na wzrost wartości bezwzględnej różnicy barwy oraz nieprzezroczystości przy długości fali 600 nm dla wszystkich badanych filmów serwatkowych.

**Słowa kluczowe:** filmy jadalne, białko serwatkowe, olej roślinny, barwa, nieprzezroczystość

WSTĘP

Filmy i powłoki jadalne są cienkimi warstwami materiału trawionego przez człowieka aplikowanymi na produkty spożywcze w celu spełniania określonej

---

\*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2012-2014 jako projekt badawczy IP2011 013371.

funkcji, m.in.: ochrony przed uszkodzeniem mechanicznym, szkodliwym działaniem czynników środowiska zewnętrznego, jak również aktywnością drobnoustrojów. Zastosowanie określonego materiału w celu uzyskania pożądanych cech uzależnione jest od wielu czynników. Wśród najważniejszych można wyróżnić koszt, akceptowalność sensoryczną, właściwości funkcjonalne, mechaniczne, barierowe i optyczne. Filmy i powłoki jadalne otrzymywane są z białek, polisacharydów, tłuszczów z dodatkiem plastyfikatorów (Falguera i in. 2011).

Białka serwatkowe są produktem przemysłu mleczarskiego i mogą być stosowane w produkcji filmów i powłok jadalnych (Guerrero i in. 2011). Filmy i powłoki na bazie białek mleka cechują się dobrymi właściwościami mechanicznymi oraz dobrą barierowością dla tlenu, lipidów i aromatów, zaś niską barierowością dla wody, co wynika z ich hydrofilowej natury (Seydim i Sarikus 2006). Barierowość wobec wody można poprawić poprzez wprowadzenie do powłok substancji hydrofobowych, takich jak lipidy. Wprowadzona substancja tłuszczowa może występować w powłoce z postaci laminatów (tłuszcz jest oddzielną warstwą) i emulsji (tłuszcz jest jednociele rozproszony w powłoce) (Martini i in. 2006).

Zastosowanie olejów roślinnych ze względu na ich właściwości i powszechność jest różnorodne. Jednym ze sposobów może być wprowadzenie ich do rozтворów powłokotwórczych, które stosuje się w procesie powlekania żywności w celu poprawy jakości bądź uzyskania pożądanych cech produktów. Filmy i powłoki emulsyjne wykorzystywane w procesie produkcji żywności ograniczają przede wszystkim migrację pary wodnej, jak również mogą poprawiać wygląd produktu poprzez nadanie im połysku (Kokoszka i in. 2010).

Olej rzepakowy produkowany z nowych, uszlachetnionych i prawie bezerukowych odmian rzepaku jest obecnie uważany za jeden z cenniejszych olejów jadalnych (Krygier i in. 1998). Niska zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (ok. 7% – najmniej wśród wszystkich olejów jadalnych na polskim rynku), wysoka zawartość kwasu oleinowego (ok. 60%), jak również obecność naturalnych przeciwutleniaczy sprawia, że olej rzepakowy wykazuje większą stabilność podczas obróbki termicznej (Kostecka 2008). Olej z pestek dyni cechuje korzystny skład kwasów tłuszczowych, wysoka zawartość tokoferoli i fitosteroli, którym przypisuje się pozytywny wpływ na zdrowie człowieka poprzez obniżenie poziomu cholesterolu we krwi, zmniejszenie ryzyka niektórych chorób nowotworowych oraz poprawę funkcjonowania gruczołu krokowego u mężczyzn (Rabrenović i in. 2014). Podobnie, olej z orzechów laskowych odznacza się korzystnym składem kwasów tłuszczowych (>90% kwasu oleinowego i linolowego, niska zawartość kwasu stearynowego i palmitynowego) oraz wysoką zawartością tokoferoli, fitosteroli i skwalenu (Xu i Hanna 2010).

Barwa charakteryzująca świeżość surowca i jego przydatność do spożycia jest jednym z nieodłącznych wskaźników, który decyduje o wyborze produktu przez

konsumenta. Barwa żywności może być mierzona za pomocą kolorymetru w systemie CIEL\*a\*b\*. Takie parametry jak jasność  $L^*$ , przejście barwy od zielonej do czerwonej  $a^*$ , przejście barwy niebieskiej do żółtej  $b^*$  decydują o wyróżnikach barwy produktów spożywczych (Zavazere i in. 2012). Parametr  $\Delta E$  (bezwzględna różnica barwy) charakteryzuje różnicę między materiałem badanym, a standardem odniesienia. Nieprzezroczystość jest wyróżnikiem optycznym materiałów opakowaniowych decydującym o ich zdolności do pochłaniania bądź odbijania światła, który jest ściśle uzależniony od ich grubości (Flores i in. 2007).

Wcześniejsze prace na temat filmów złożonych na bazie białek dotyczyły głównie wpływu kwasów tłuszczowych lub wosków na ich właściwości fizyczne (Fernandez i in. 2007, Fabra i in. 2008, Monedero i in. 2009). Jednakże badania dotyczące właściwości optycznych filmów serwatkowych modyfikowanych dodatkiem olejów roślinnych, w tym oleju rzepakowego, są znikome. Celem pracy była analiza wpływu dodatku i ilości oleju rzepakowego, z pestek dyni i orzechów laskowych na wyróżniki barwy i bezwzględną różnicę barwy oraz nieprzezroczystość filmów otrzymanych na bazie białek serwatkowych.

#### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Sporządzono wodne roztwory powłokotwórcze o 10% stężeniu białka (izolat białek serwatkowych BiPRO, Davisco Foods International, INC., USA, min. 95% białka w suchej masie) poprzez kilkusekundową homogenizację składników. Wprowadzono w charakterze plastyfikatora glicerol w ilości 50% względem masy białka, pH roztworów wynosiło około 7. Roztwory ogrzewano w łaźni wodnej z wytrząsaniem 50 obr·min<sup>-1</sup> w temperaturze 80°C przez 30 min. Olej: rzepakowy, z pestek dyni i z orzechów laskowych dodawano w ilościach 0, 1, 2 i 3%. Emulsje przygotowano przy użyciu homogenizatora Ultra Turrax (T25 IKA, Staufen, Niemcy) przy 13500 obr·min<sup>-1</sup> w czasie 4 min. Emulsję tłuszczową wylewano w stałej objętości 9 ml na szalki Petriego o określonej średnicy w celu otrzymania końcowej grubości filmów 80±5 μm. Materiały suszono w temperaturze 25°C w ciągu 16 godzin, w powietrzu o wilgotności względnej środowiska 53%.

Barwę zmierzono przy użyciu kolorymetru Minolta Chroma Meter CR-300 (Minolta, Japonia) w systemie barw CIEL\*a\*b\*. Metoda ta była wykorzystywana w badaniach filmów polimerowych m.in. przez Viña i in. (2007), Zavareze i in. (2012) oraz Martinsa i in. (2012). Jasność oznaczono przez  $L^*$  ( $L = 0$  – czarny,  $L = 100$  – biały), przez  $-a$  – zielony,  $+a$  – czerwony,  $-b$  – niebieski,  $+b$  – żółty. Skala wartości jest następująca:  $a = -80$  (zielony),  $a = 100$  (czerwony),  $b = -70$  (niebieski),  $b = 100$  (żółty). Filmy były umieszczane na białym wzorcu o stałych wartościach  $L^* = 91,31$ ,  $a^* = 1,10$ ,  $b^* = -1,82$ ). Wyniki barwy przedstawiono jako

parametry  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  oraz obliczono bezwzględną różnicę barwy wg wzoru (Sobral i in. 2005):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

gdzie:  $\Delta E$  – bezwzględna różnica barwy,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  – parametry barwy białego standardu,  $L$ ,  $a$ ,  $b$  – parametry barwy powłok białkowo-tłuszczowych

Nieprzezroczystość oznaczano za pomocą spektrofotometru UV/VIS Helios Gamma (Thermo Electron Corporation, Waltham, MA, USA). Filmy pocięto na pro-stokąty o bokach 0,01 x 0,04 m. Zmierzono absorbancję przy długości fali światła wi-dzialnego 600 nm. Pomiaru dokonano w 10 powtórzeniach. Nieprzezroczystość obliczono ze wzoru zaproponowanego przez Hana i Florosa (1997):

$$O = \frac{A_{600}}{e} \quad (2)$$

gdzie:  $O$  – nieprzezroczystość,  $A \cdot \text{mm}^{-1}$ ;  $A_{600}$  – absorbancja przy długości fali 600 nm;  $e$  – grubość próbki, mm.

Grubość mierzono warstwowościomierzem Ultrameter 400 (Metrison, Mościska) z dokładnością do 1  $\mu\text{m}$ . Pomiarów dokonano w pięciu miejscach prób filmów przygotowanych do pomiaru nieprzezroczystości i w obliczeniach zastosowane były wyniki średnie.

Wartości średnie i odchylenia standardowe obliczono w programie Microsoft Excel 2010. Jednoczynnikową analizę wariancji testem Fishera LCD wykonano w programie StatGraphics 5.0.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Po suszeniu zaobserwowano niewielkie ilości tłuszczu pozostające na podłożu oraz na powierzchni filmów, które tracone są podczas przechowywania bądź aplikacji na produkt. Wraz ze wzrastającym udziałem oleju (1-3%) w roztworach powłokotwórczych, zauważono większe ilości tłuszczu wytrąconego na powierzchni. Podobne zjawisko obserwowane było we wcześniejszych pracach dotyczących dodatku tłuszczu do filmów serwatkowych (Galus i Lenart 2012), jak również do innych filmów polimerowych (Yang i Paulson 2000, Basiak i in. 2013). Zaobserwowano również, że wraz ze wzrostem zawartości każdego rodzaju oleju, zmieniała się wizualna barwa filmów. Filmy emulsyjne z dodatkiem oleju rzepakowego i oleju z orzecha laskowego były matowe i mlecznobiałe, natomiast te z dodatkiem oleju z pestek dyni były matowe i zielone. Jedynie filmy kontrolne

były przezroczyste. Powierzchnie filmów przylegające do podłoża były gładkie i błyszczące, zaś strony wierzchnie tłuste. Podobne obserwacje uzyskano dla filmów serwatkowych z dodatkiem oleju rzepakowego (Kokoszka i in. 2010) i oleju sojowego (Shaw i in. 2002).

**Tabela 1.** Parametry barwy  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  filmów z białek serwatkowych z dodatkiem olejów roślinnych

**Table 1.**  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  colour parameters of whey protein films with plant oils instauration

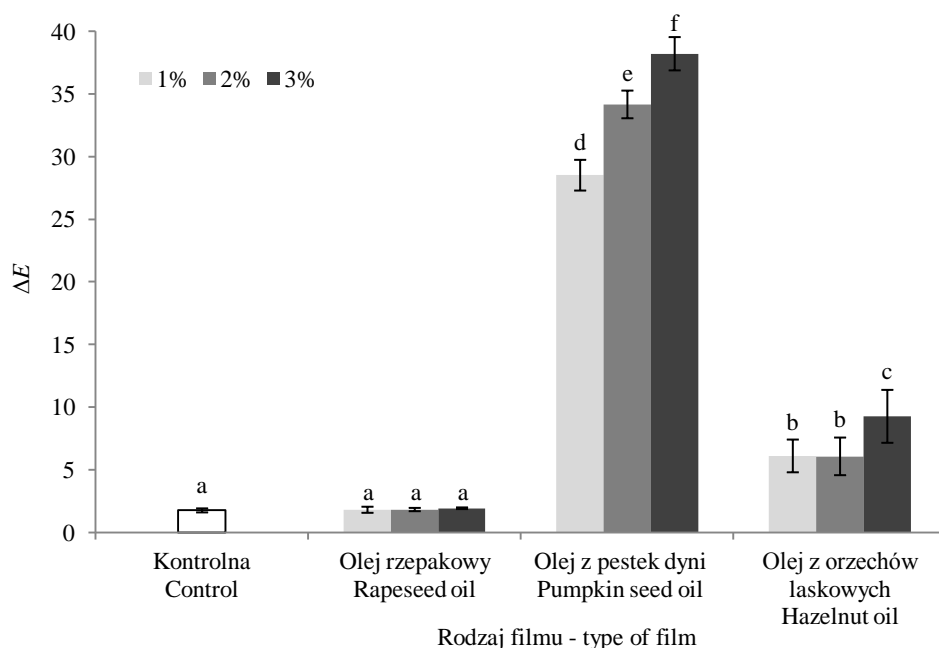
Film	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrolny Control	90,71 ± 0,05 <sup>d</sup>	0,90 ± 0,05 <sup>e</sup>	-0,22 ± 0,11 <sup>a</sup>
RZ_1	90,40 ± 0,12 <sup>d</sup>	0,96 ± 0,07 <sup>e</sup>	-0,30 ± 0,06 <sup>a</sup>
RZ_2	90,23 ± 0,35 <sup>d</sup>	0,99 ± 0,07 <sup>e</sup>	-0,43 ± 0,27 <sup>a</sup>
RZ_3	90,11 ± 0,21 <sup>d</sup>	0,96 ± 0,09 <sup>e</sup>	-0,40 ± 0,18 <sup>a</sup>
PD_1	87,42 ± 1,00 <sup>c</sup>	-8,24 ± 0,26 <sup>b</sup>	28,18 ± 1,21 <sup>d</sup>
PD_2	84,26 ± 0,80 <sup>b</sup>	-9,00 ± 0,28 <sup>a</sup>	33,01 ± 0,78 <sup>e</sup>
PD_3	81,44 ± 1,81 <sup>a</sup>	-8,96 ± 0,62 <sup>a</sup>	36,31 ± 0,82 <sup>f</sup>
OL_1	93,84 ± 0,78 <sup>e</sup>	-1,66 ± 0,25 <sup>d</sup>	7,37 ± 1,15 <sup>b</sup>
OL_2	93,80 ± 0,70 <sup>e</sup>	-1,63 ± 0,37 <sup>d</sup>	7,38 ± 1,31 <sup>b</sup>
OL_3	91,18 ± 1,51 <sup>d</sup>	-2,10 ± 0,19 <sup>c</sup>	9,35 ± 0,90 <sup>c</sup>

Objaśnienia: RZ – filmy z dodatkiem oleju rzepakowego, PD – filmy z dodatkiem oleju z pestek dyni, OL – filmy z dodatkiem oleju z orzechów laskowych; cyfry zawarte w symbolach określają procentową zawartość oleju; wartości średnie oznaczone takimi samymi symbolami literowymi oznaczają brak różnic statystycznie istotnych ( $p < 0,05$ ).

Explanations: RZ – films with rapeseed oil, PD – films with pumpkin seed oil, OL – films with hazelnut oil; numbers in symbols mean the percentage concentration of oil; mean values denoted by the same letter symbols are not statistically different ( $p < 0.05$ ).

Filmy z dodatkiem oleju rzepakowego charakteryzowały się wartościami parametru  $L^*$  (jasność), które były zbliżone do wartości otrzymanych dla innych filmów emulsyjnych na bazie białek sojowych (Pruneda i in. 2008, Atares i in. 2010), białek mięśni ryb (Prodpran i Benjakul 2005) lub żelatyny rybkiej (Bao i in. 2009). Wraz z wzrastającym dodatkiem oleju rzepakowego (1-3%) zaobserwowano obniżenie wartości parametru  $L^*$  – z 90,40 do 90,11. Jednakże spadek ten nie był istotny w porównaniu z wartościami parametru  $L^*$  otrzymanymi dla filmów kontrolnych (90,71). Istotny spadek wartości tego parametru charakteryzo-

wał natomiast filmy z dodatkiem oleju z pestek dyni. Pereda i in. (2010) uzyskali również obniżenie wartości parametru  $L^*$  z 87,95 do 85,95 dla filmów kazeinowych z dodatkiem oleju tungowego. Istotny jest również wzrost wartości parametru  $L^*$  (jasności) w przypadku filmów z dodatkiem oleju z orzechów laskowych. Nie wykazano jednocześnie różnic statystycznych w wartościach parametrów  $a^*$  i  $b^*$  pomiędzy filmem kontrolnym a filmem z dodatkiem oleju rzepakowego, natomiast w przypadku filmów z dodatkiem pozostałych olejów zaobserwowano istotne statystycznie różnice w ich wartościach (tab. 1).



**Rys. 1.** Bezwzględna różnica barwy ( $\Delta E$ ) filmów serwatkowo-tłuszczowych

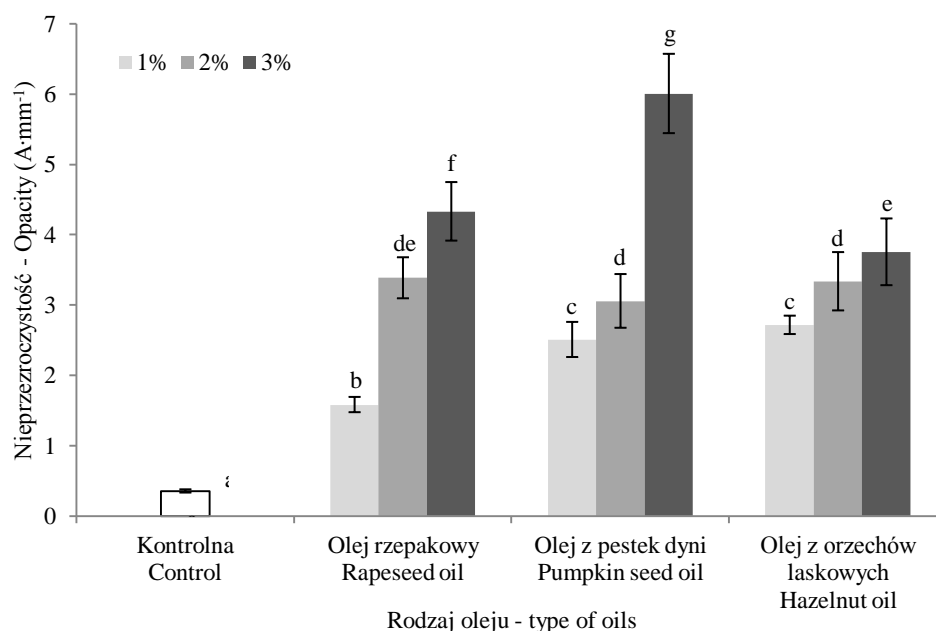
**Fig. 1.** Total colour difference ( $\Delta E$ ) of whey-lipid films

Objaśnienia: Wartości średnie oznaczone takimi samymi symbolami literowymi oznaczają brak różnic statystycznie istotnych ( $p < 0,05$ ).

Explanations: Mean values denoted by the same letter symbols are not statistically different ( $p < 0.05$ ).

Wartości bezwzględnej różnicy barwy ( $\Delta E$ ) analizowanych filmów z dodatkiem oleju rzepakowego były na zbliżonym poziomie z zakresu 1,75-1,92. Nieznacznie większym wzrostem wartości tego parametru (z 6,10 do 9,26) charakteryzowały się filmy z dodatkiem oleju z orzechów laskowych. Natomiast filmy z dodatkiem oleju z pestek dyni ze względu na swoją zieloną barwę cechowały się największymi wartościami parametru  $\Delta E$  (od 28,51 do 38,21). W przypadku

wszystkich badanych filmów zaobserwowano tendencję wzrostową tego parametru wraz z dodatkiem składnika tłuszczowego (rys. 1).



**Rys. 2.** Nieprzezroczystość filmów serwatkowo-tłuszczowych

**Fig. 2.** Opacity of whey-lipid films

Objaśnienia: Wartości średnie oznaczone takimi samymi symbolami literowymi oznaczają brak różnic statystycznie istotnych ( $p < 0,05$ ).

Explanations: Mean values denoted by the same letter symbols are not statistically different ( $p < 0.05$ ).

Według kryterium, które zostało opracowane przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową, wartości bezwzględnej różnicy barwy z zakresu 0-2 nie są rozpoznawalne przez człowieka, zaś powyżej 2 rozpoznawalne są przez obserwatora niedoświadczonego (Anonim 1999). Wzrost wartości bezwzględnej różnicy barwy wraz z wyższym dodatkiem tłuszczu był wcześniej prezentowany w literaturze (Pereda i in. 2010, Guerrero i in. 2011). Różnice w wartościach parametru  $\Delta E$  wynikają z charakteru materiału powłokotwórczego, jak również z większego dodatku olejów (5-20%). Podobne zależności były obserwowane dla filmów min. z białek sojowych (Monedero i in. 2009), białek mięśni rybich (Pires i in. 2013) oraz gumy gellan (Yang i Paulson 2000), modyfikowanych dodatkiem związków lipidowych.

Na rysunku 2 przedstawiono wartości nieprzezroczystości analizowanych filmów przy długości fali 600 nm. Dodatek oleju spowodował wzrost nieprzezroczystości z 0,35 dla filmu kontrolnego do 6,01  $A \cdot mm^{-1}$  dla filmu z największym dodatkiem oleju z pestek dyni (3%). Wraz ze zwiększającą się ilością olejów roślinnych wartości nieprzezroczystości były większe, przy czym filmy z dodatkiem 1 oraz 2% oleju z pestek dyni i oleju z orzechów laskowych charakteryzowały się zbliżonymi wartościami nieprzezroczystości (odpowiednio 2,51 i 2,72 oraz 3,06 i 3,34  $A \cdot mm^{-1}$ ). Podobne wartości osiągnięto również w przypadku 2% dodatku oleju rzepakowego (3,39  $A \cdot mm^{-1}$ ). Galus i Lenart (2012) uzyskali większe wartości (5,84-16,37  $A \cdot mm^{-1}$ ) nieprzezroczystości dla filmów serwatkowych modyfikowanych dodatkiem oleju rzepakowego wprowadzonego w postaci emulsji tłuszczowej. Shaw i in. (2002) uzyskali zaś mniejsze wartości (1,1-1,25  $A \cdot mm^{-1}$ ) nieprzezroczystości filmów serwatkowych z dodatkiem emulsji oleju sojowego. Różnice w uzyskanych wartościach wynikają z innego sposobu otrzymania filmów emulsyjnych (dodatek oleju w formie emulsji), jak również innej grubości filmów. Podobne wyniki oraz tendencję wzrostu nieprzezroczystości wraz ze zwiększającą się ilością składnika tłuszczowego otrzymano dla filmów hydrokolidowych z gumy gellan i kwasów tłuszczowych (Yang i Paulson 2000) oraz chitozanowych z dodatkiem oliwy z oliwek (Pereda i in. 2012). Villalobos i in. (2005) oraz Monedero i in. (2009) zaobserwowali, że wystąpienie rozproszonej, nierozpuszczalnej fazy tłuszczowej powoduje wzrost nieprzezroczystości, ponieważ różnice w wartościach współczynnika załamania światła są uzależnione od ilości i wielkości kuleczek tłuszczowych. Jednakże Vargas i in. (2009) wskazali, że wartości nieprzezroczystości filmów polimerowych powinny być porównane z wewnętrzną strukturą materiałów, która tworzy się w czasie suszenia i zależy ściśle od składu i ilości wylewanych na powierzchnię mieszanin powłokotwórczych. Podczas suszenia roztworów następują liczne zmiany (m.in. wzrost lepkości), które mogą powodować koalescencję i śmietankowanie emulsji podczas odparowania rozpuszczalnika (Pereda i in. 2012). Wzrost wartości nieprzezroczystości analizowanych filmów związany jest ze zwiększeniem zjawiska rozproszenia światła w wyniku większej ilości oleju rzepakowego w matrycy białkowej. Równomierne rozmieszczenie kuleczek tłuszczowych w materiale wpływa istotnie na właściwości optyczne filmów biopolimerowych.

#### WNIOSKI

1. Filmy otrzymane na bazie białek serwatkowych z dodatkiem olejów roślinnych były matowe, zaś filmy kontrolne były przezroczyste. Filmy z dodatkiem oleju rzepakowego i oleju z orzechów laskowych charakteryzowały się barwą



mlecznobiałą, w przeciwieństwie do filmów z olejem z pestek dyni, które były zielone.

2. Dodatek oleju z pestek dyni w ilości od 1 do 3% spowodował obniżenie jasności filmów serwatkowych (parametr  $L^*$ ) oraz zwiększenie wartości bezwzględnej różnicy barwy. Natomiast dodatek oleju z orzechów laskowych spowodował zwiększenie wartości obu tych parametrów. Nie zaobserwowano istotnych zmian parametrów  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E$  dla filmów z dodatkiem oleju rzepakowego.

3. Dodatek wszystkich badanych olejów roślinnych do filmów otrzymanych na bazie białek serwatkowych powodował wzrost ich nieprzezroczystości, która wzrastała wraz ze zwiększającą się ilością dodanego tłuszczu.

#### PIŚMIENNICTWO

- Anonim., 1999. Barwa i jakość. Heidelberg Druckmaschinen AG, Kurfursten-Anlage, 52-60.
- Atarés L., De Jesús C., Talens P., Chiralt A., 2010. Characterization of SPI-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. *J. Food Eng.*, 99(3), 384-391.
- Bao S., Xu S., Wang Z., 2009. Antioxidant activity and properties of gelatin films incorporated with tea polyphenol-loaded chitosan nanoparticles. *J. Sci. Food Agric.*, 89 (15), 2692-2700.
- Basiak E., Galus S., Lenart A., 2013. Wpływ oleju rzepakowego na właściwości optyczne filmów skrobiowych. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 23/42(1), 23-26.
- Fabra M.J., Talens P., Chiralt A., 2008. Tensile properties and water vapor permeability of sodium caseinate films containing oleic acid beeswax mixtures. *J. Food Eng.*, 85, 393-400.
- Falguera V., Quintero J.P., Jiménez A., Muñoz A., Ibarz A., 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Tech.*, 22, 291-303.
- Fernandez L., Diaz de Apodaca E., Cebrian M., Villaran M.C., Mate J.I., 2007. Effect of the instauration degree and concentration of fatty acids on the properties of WPI-based edible films. *Eur. Food Res. Technol.*, 224, 415-420.
- Flores S., Famá L., Rojas A.M., Goyanes S., Gerschenson L., 2007. Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. *Food Res. Int.*, 40, 257-265.
- Galus S., Lenart A., 2012. Wpływ emulsji tłuszczowej na właściwości optyczne filmów serwatkowych. *ActaAgrophysica*, 19(1), 29-36.
- Ghanbarzadeh B., Oromiehi A.R., 2008. Biodegradable biocomposite films based on whey protein and zein: Barrier, mechanical properties and AFM analysis. *Int. J. Biol. Macromol.*, 43, 209-215.
- Guerrero P., NurHanani Z.A., Kerry J.P., de la Caba K., 2011. Characterization of soy protein-based films prepared with acids and oils by compression. *J. Food Eng.*, 107, 41-49.
- Han J.H., Floros J.D., 1997. Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *J. Plastic Film and Sheet*, 13, 287-298.
- Kokoszka S., Debeaufort F., Lenart A., Voilley A., 2010. Liquid and vapour water transfer through whey protein/lipid emulsion films. *J. Sci. Food Agr.*, 90(10), 1673-1680.
- Kostecka M., 2008. Charakterystyka mieszaniny tłuszczu drobiowego z olejem rzepakowym przed i po przeestryfikowaniu enzymatycznym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(60), 257-272.
- Krygier K., Wroniak M., Dobczyński K., Kiełt I., Grześkiewicz S., Obiedziński M., 1998. Charakterystyka wybranych rynkowych olejów tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste*, 19, 573-582.
- Martini S., Kim D.A., Ollivon M., Marangoni A.G., 2006. Structural factors responsible for the permeability of water vapour through fat barrier films. *Food Res. Int.*, 39(5), 550-558.

- Martins J.T., Cerqueira M.A., Bourbon A.I., Pinheiro A.C., Souza B.W.S., Vicente A.A., 2012. Synergistic effects between  $\kappa$ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. *Food Hydrocoll.*, 29(2), 280-289.
- Monedero F.M., Fabra M.J., Talens P., Chiralt A., 2009. Effect of oleic acid-beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. *J. Food Eng.*, 91(4), 509-515.
- Pereda M., Amica G., Marcovich N.E., 2012. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. *Carboh. Polym.*, 87, 1318-1325.
- Pereda M., Aranguren M.I., Marcovich N.E., 2010. Caseinate films modified with tung oil. *Food Hydrocoll.*, 24, 800-808.
- Pires C., Teixeira R.B., Nunes, B.M.L., Marques N.A., 2013. Hake protein edible films incorporated with essential oils: physical, mechanical, antioxidant and antimicrobial properties. *Food Hydrocoll.*, 30, 224-231.
- Prodpran T., Benjakul S., 2005. Effect of acid and alkaline solubilization on the properties of surimi based film. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 27, 563-574.
- Pruneda E., Peralta-Hernández J.M., Esquivel K., Lee S.Y., Godínez L.A., Mendoza S., 2008. Water vapor permeability, mechanical properties and antioxidant effect of Mexican oregano-soy based edible films. *J. Food Sci.*, 73(6), C488-C493.
- Rabrenović B.R., Dimić E.B., Novaković M.M., Tešević, V.V. Basić, Z.N. 2014. The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (*Cucurbitapepo* L.) seeds. *LWT – Food Sci. Technol.*, 55, 521-527.
- Seydim A.C., Sarikus G., 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oil. *Food Res. Int.*, 39, 639-644.
- Shaw N.B., Monahan F.J., O’Riordan E.D., O’Sullivan M., 2002. Effect of soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. *J. Food Eng.*, 51(4), 299-304.
- Sobral P.J., dos Santos J.S., Garcia F.T., 2005. Effect of protein and plasticizer concentration in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia. *J. Food Eng.*, 70, 93-100.
- Vargas M., Albors A., Chiralt A., González-Martínez C., 2009. Characterization of chitosan-oleic acid composite films. *Food Hydrocoll.*, 23(2), 536-547.
- Villalobos R., Chanona J., Hernández P., Gutiérrez G., Chiralt A., 2005. Gloss and transparency of hydroxypropyl methylcellulose films containing surfactants as affected by their microstructure. *Food Hydrocoll.*, 19, 53-61.
- Viña S.Z., Mudgridge A., García M.A., Ferreya R.M., Martino M.N., Chaves A.R., Zaritzky N.E., 2007. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chem.*, 103, 701-709.
- Xu Y.X., Hanna M.A. 2010. Evaluation of Nebraska hybrid hazelnuts: Nut/kernel characteristics, kernel proximate composition, and oil and protein properties. *Ind. Crops Prod.*, 31, 84-91.
- Yang L., Paulson A.T., 2000. Mechanical and vapor barrier properties of edible gellan films. *Food Res. Int.*, 33, 571-578.
- Zavareze E.R., Pinto V.Z., Klein B., Halal S.L.M.E., Elias M.C., Prentice-Hernández C., Dias A.R.G., 2012. Development of oxidized and heat-moisture treated potato starch film. *Food Chem.*, 132(1), 344-350.

---

OPTICAL PROPERTIES OF WHEY PROTEIN ISOLATE FILMS  
WITH THE ADDITION OF SELECTED PLANT OILS

*Sabina Galus, Justyna Kadzińska*

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,  
Warsaw University of Life Sciences-SGGW (WULS-SGGW)

Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa

e-mail: sabina\_galus@sggw.pl

**Abstract.** The aim of this study was to investigate the effect of the addition and the content of rapeseed oil, pumpkin seed oil, and hazelnut oil on the optical properties of whey protein films. The films were prepared from 10% aqueous film-forming solutions of whey protein isolate and 50% (w/w of protein) addition of glycerol as the plasticiser. Plant oils at 0, 1, 2, and 3% were added to the mixture and homogenised until homogenous emulsion was obtained. Film-forming solutions at constant amount of volume were poured out on Petri dishes and dried at 25°C and 50% relative humidity during 24h. Colour was analysed in the CIE  $L^*a^*b^*$  system with parameter of total colour difference. Opacity was analysed at a wavelength of 600 nm. The addition of plant oils to film forming solutions caused that all films obtained were matt and opaque. There was observed a decrease in lightness of films with an addition of pumpkin seed oil and an increase of this parameter for films with an addition of hazelnut oil. There were obtained lower values of parameter  $a^*$  and higher of parameter  $b^*$  with increase in the concentration of pumpkin seed oil and hazelnut oil. The increasing concentration of plant oils caused an increase of the values of total colour difference and opacity at wavelength of 600 nm for all investigated whey films.

**Keywords:** edible films, whey protein, plant oils, colour, opacity