

MAŁGORZATA KOWALSKA, ANNA ŻBIKOWSKA,
KRZYSZTOF ŚMIECHOWSKI, KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK

WPLYW ILOŚCI LECYTYNY SŁONECZNIKOWEJ I CZASU HOMOGENIZACJI NA STABILNOŚĆ EMULSJI SPOŻYWCZEJ ZAWIERAJĄCEJ OLEJ Z ORZECHÓW WŁOSKICH

Streszczenie

W pracy dokonano oceny wpływu dodatku emulgatora oraz czasu homogenizacji na stabilność emulsyjnych układów dyspersyjnych. Do wytypowania parametrów stabilnych układów dyspersyjnych posłużono się programem komputerowym Kateskór. Na podstawie założonych wartości parametrów wyjściowych charakteryzujących stabilną emulsję (wielkość cząstek zdyspergowanych, lepkość i liczba faz) otrzymano kompromisowe optimum parametrów wejściowych: ilość emulgatora 5,87 - 6,52 g i czas homogenizacji 1,52 - 4,78 min. Doświadczalna ocena średniej wielkości cząstek, lepkości oraz obrazu mikroskopowego układu dyspersyjnego wykazała, że najbardziej stabilna była emulsja w wariacie III, zawierająca 5 g emulgatora i homogenizowana 3 min. Empirycznie ustalone parametry tej emulsji były zbliżone do zakresu kompromisowego optimum wyznaczonego przez program Kateskór.

Słowa kluczowe: olej z orzechów włoskich, lecytyna słonecznikowa, optymalizacja parametrów, wielkość cząstek emulsji, stabilność emulsji

Wprowadzenie

Pod względem termodynamicznym emulsje są układami dynamicznymi, które zmieniają swoje właściwości reologiczne w funkcji czasu. Ciągły ruch cząstek fazy wewnętrznej może prowadzić do niekorzystnych zmian, mających wpływ na stabilność emulsji [8, 16]. Wśród tych zmian należy wymienić procesy takie, jak: sedimentacja, śmietanowanie, flokulacja, koalescencja [2, 20] i dojrzewanie Ostwaldowskie [3, 4, 5, 10, 12].

Dr inż. M. Kowalska, dr hab. inż. K. Śmiechowski, Wydz. Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny, ul. Chrobrego 27, 26-600 Radom, dr hab. inż. A. Żbikowska, dr inż. K. Marciniak-Łukasiak, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: mkowalska7@vp.pl

W celu zwiększenia stabilności emulsji do układu wprowadza się substancje przeciwdziałające łączeniu się cząstek fazy rozproszonej [24, 28], względnie pozwalające zwiększyć lepkość układu [9], a tym samym spowolnić ruch fazy wewnętrznej [15]. Czynniki, które mają wpływ na otrzymanie stabilnego układu emulsyjnego są: wielkość cząstek fazy rozproszonej, lepkość układu rozumiana jako suma lepkości fazy zewnętrznej i wewnętrznej [1] i skład recepturowy emulsji (ilość i rodzaj emulgatora, stosunek faz, ilość zagęstnika) [7, 19]. Nie bez znaczenia są również parametry procesu homogenizacji, takie jak czas, czy liczba obrotów, a także sposób prowadzenia homogenizacji (na zimno czy na gorąco) [12]. Tak więc, aby otrzymać trwały układ jednofazowy (monodispersyjny), należy brać pod uwagę wszystkie wcześniej wymienione czynniki. Skład recepturowy i parametry technologiczne wytwarzania stabilnej emulsji można dobrać w sposób empiryczny [21, 25] lub wykorzystując komputerowe programy optymalizacji. Pierwszy sposób jest żmudny i długotrwały, drugi wydaje się bardziej korzystny.

Celem pracy było określenie wpływu warunków przygotowania emulsji spożywczej zawierającej jako bazę tłuszczową olej z orzechów włoskich na jej stabilność i charakterystykę fizykochemiczną przy użyciu programu komputerowego do optymalizacji „Kateskór” (program został opracowany na potrzeby Katedry Technologii Obuwia i Garbarstwa – Wydziału Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa, Uniwersytetu Techniczno-Humanistycznego w Radomiu) [26].

Material i metody badań

Do wytworzenia układów dyspersyjnych użyto oleju z orzechów włoskich (Oleofarm s. c.). Skład kwasów tłuszczowych oleju, określony techniką chromatografii gazowej według PN-EN ISO 5508 [22] i PN-EN ISO 5509 [23], był następujący: 7,89 % kwasów nasyconych (palmitynowego i stearynowego), 17,63 % kwasu oleinowego, 59,5 % kwasu linolowego, 14,98 % kwasu α -linolenowego. W roli emulgatora zastosowano lecytynę słonecznikową (RF Solutions) naturalnego pochodzenia, o właściwościach powierzchniowo czynnych i poprawiających strukturę emulsji [17]. Karboksymetyloceluloza (Barentz) została wykorzystana jako zagęstnik poprawiający cechy reologiczne emulsji. Ponadto wykorzystano: cukier biały (Cukrownia Głinojeck), musztardę kremową (Develey Polska Sp z o. o.), sól jodowaną Solino (Inowrocławskie Kopalnie Soli), ocet spirytusowy 10-procentowy (Społem Kielce), wodę pitną i benzo-*es*an sodu (ORffa Food Eastern Europe).

Skład recepturowy i technologia otrzymywania emulsji

Receptury emulsji opracowano na podstawie własnej specyfikacji. Sporządzono sześć układów emulsyjnych różniących się zawartością emulgatora oraz czasem homogenizacji (tab. 1). W badaniach przyjęto uproszczenie – nie uwzględniono minimal-

nych zmian zawartości wody w różnych wariantach emulsji (rzędu kilku procent). Emulsje wytwarzano na ciepło, podgrzewając obie fazy (olejową i wodną) do temp. 40 °C. Następnie zmieszane fazy homogenizowano za pomocą homogenizatora SILVERSON L4R, przy 3000 rpm. Czas homogenizowania był jednym z czynników zmiennych i zmieniał się w przedziale od 1 do 5 min. Ostudzone emulsje doprowadzono do pH = 6, stosując krystaliczny NaHCO₃ i mieszając za pomocą mieszadła magnetycznego. Emulsje przechowywano w temp. 22 °C, w zamkniętym opakowaniu ze szkła białego.

Tabela 1. Skład recepturowy i czas homogenizacji emulsji.

Table 1. Composition of emulsion and homogenization time thereof.

Składniki / Ingredients	Wariant emulsji / Variant of emulsion					
	I	II	III	IV	V	VI
Stałe składniki emulsji / Constant components of emulsion						
Olej z orzechów włoskich [g]	30,0					
Cukier [g]	2,5					
Musztarda [g]	2,0					
Sól [g]	1,7					
Karboksymetyloceluloza [g]	1,0					
Ocet [g]	1,0					
Benzoesan sodu [g]	0,25					
Zmienne parametry emulsji / Variable parameters of emulsion						
Emulgator [g]	2,5	2,5	5,0	7,5	10,0	10,0
Czas homogenizacji [min]	1,0	5,0	3,0	3,0	5,0	1,0
Woda [g]	Uzupełnienie do 100 g / water added to make 100g					

Dobór ilości emulgatora i czasu homogenizacji

Optymalizację ilości emulgatora w emulsji oraz dobór czasu homogenizacji przeprowadzono za pomocą programu Kateskór. Program został opracowany na podstawie metody Kleemana [14], pozwalającej na minimalizację ilości przeprowadzanych eksperymentów do 6 różnych próbek. Wybór kompromisowego optimum zależy od oczekiwań badaczy, którzy wybierają wartości graniczne zmierzonych parametrów i na tej postawie program opracowuje zakres zadanych parametrów, dla których emulsja powinna wykazywać charakter stabilny. W przedstawionych badaniach przyjęty model stabilnego układu emulsyjnego charakteryzował się następującymi parametrami: lepkość – 21 Pa·s, liczba frakcji – 1,5, współczynnik dyspersyjności – 1,06, średnia wielkość cząstek emulsji – 3,3 μm, wartość współczynnika K_{90%} – 4,8. Zmierzone oraz

obliczone parametry zostały wykorzystane do przeprowadzenia optymalizacji czasu homogenizacji i dodatku emulgatora, przy których emulsja wykazuje najlepszą stabilność.

Metody badań

Lepkość, średnią wielkość oraz rozkład cząstek emulsji oznaczano po 24 h od ich wytworzenia. Badania lepkości oraz średniej wielkości cząstek powtórzono po dwóch tygodniach przechowywania emulsji. Pomiar lepkości pozornej wykonywano przy użyciu reometru Rheotest-2 Typ RV2 zgodnie z instrukcją urządzenia (1978). Pomiar przeprowadzano w temp. próbki 20 ± 1 °C. Lepkość emulsji obliczano z równania:

$$\eta = Z \cdot \alpha / 10 \text{ Dr}$$

gdzie:

η – lepkość [Pa·s],

α – współczynnik kątowy,

Dr – szybkość ścinania [s^{-1}],

Z – stała aparatu 2,4428 [Pa].

Wielkość cząstek fazy zdyspergowanej oznaczano metodą dyfrakcji laserowej przy użyciu spektrometru laserowego Microtrac FRA/UPA (Leed's & Northrup, USA) zgodnie z instrukcją urządzenia. Wielkość cząstek oznaczano trzykrotnie w ciągu 30 s. Współczynnik dyspersyjności k obliczano z równania:

$$k = (K_{90\%} - K_{10\%}) / K_{50\%}$$

gdzie: $K_{90\%}$, $K_{10\%}$, $K_{50\%}$ – średnice cząstek [μm] odczytywane z krzywej skumulowanej rozkładu (odpowiednio 90, 50, 10 % cząstek ma średnice nie większe od tych wartości).

Stabilność emulsji określano testem wirówkowym przy użyciu wirówki Nahita Centrifuges Model 2652 (Auxilab, S.L. Hiszpania), stosując parametry: 3000 rpm i czas 30 min. Dodatkowo, w piątej dobie po wytworzeniu emulsji, obserwowano rozmieszczenie jej cząstek za pomocą mikroskopu optycznego firmy NIKON (powiększenie 40-krotne).

Analizy powtarzano trzykrotnie, a wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji przy użyciu programu komputerowego Statgraphics plus 4.1. Ocenę istotności różnic pomiędzy średnimi wykonano testem Duncana, na poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wielkość cząstek fazy zdyspergowanej zależy od wielu czynników, m.in. od czasu i prędkości homogenizacji, rodzaju i dodatku emulgatora oraz ilości i rodzaju za-

gęstnika [4, 15, 27]. Właściwy dobór tych parametrów gwarantuje „ustabilizowanie cząstek” fazy zdyspergowanej, które pod względem termodynamicznym ciągle pozostają w ruchu, dążąc do zmian w strukturze układu dyspersyjnego.

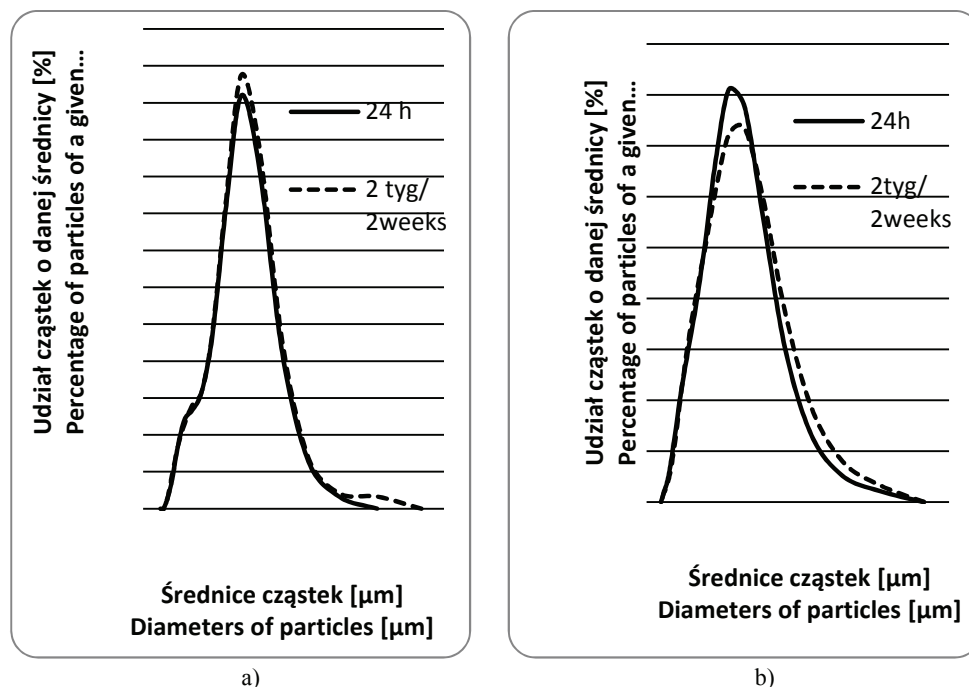
Tabela 2. Charakterystyka emulsji po 24 h od wytworzenia i po 2 tygodniach przechowywania.
Table 2. Profile of emulsion 24h after it was manufactured and after 2 week storage.

Rodzaj emulsji Kind of emulsion	Średnia wielkość cząstki [μm] Average size of particle [μm]		Współczynnik dyspersji Coefficient of dispersion		Liczba frakcji Number of fractions		Udział poszczególnych frakcji w emulsji [%] Percentage of each fraction in emulsion [%]		Lepkość [Pa·s] Viscosity [Pa·s]		Test wirówkowy Centrifugal test
	Po 24 h After 24 h	Po 2 tyg. After 2 weeks	Po 24 h After 24 h	Po 2 tyg. After 2 weeks	Po 24 h After 24 h	Po After 2 weeks	Po 24 h After 24 h	Po 2 tyg. After 2 weeks	Po 24 h After 24 h	Po 2 tyg. After 2 weeks	
Wariant I	3,84e	4,05c	1,10	1,13	2	2	I -73 II-27	I -73 II- 27	15,1a	14,9a	rozwarstwienie delamin- -ation
Wariant II	3,59d	-	1,22	-	2	-	I -74 II-26	-	14,5a	-	stabilna stable
Wariant III	2,76a	2,83a	0,94	1,02	1	1	I-100	I -100	19,4b	18,7b	stabilna stable
Wariant IV	2,96b	3,08b	1,03	1,22	1	1	I -100	I -100	24,1c	18,5b	stabilna stable
Wariant V	3,32c	-	1,15	-	2	-	I -91 II-9	-	26,1cd	-	stabilna stable
Wariant VI	3,17c	-	1,14	-	1	1	I-100	-	24,6c	-	stabilna stable

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c – wartości średnie przy tym samym parametrze oznaczone różnymi indeksami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p = 0,05$) / mean values ref. to the same parameter and denoted by different indexes differ statistically significantly among themselves ($p = 0,05$).

Wyniki przeprowadzonych badań (tab. 2) wskazują, że po 24 h przechowywania emulsji najmniejszą średnią wielkością cząstek oraz najmniejszą wartością współczynnika dyspersyjności charakteryzowały się emulsje z dodatkiem 5 i 7,5 g emulgatora, homogenizowane przez 3 min (wariant III i IV). Rozkład cząstek tych emulsji (rys. 1a i b) świadczył, że miały one najbardziej monodispersyjny charakter.



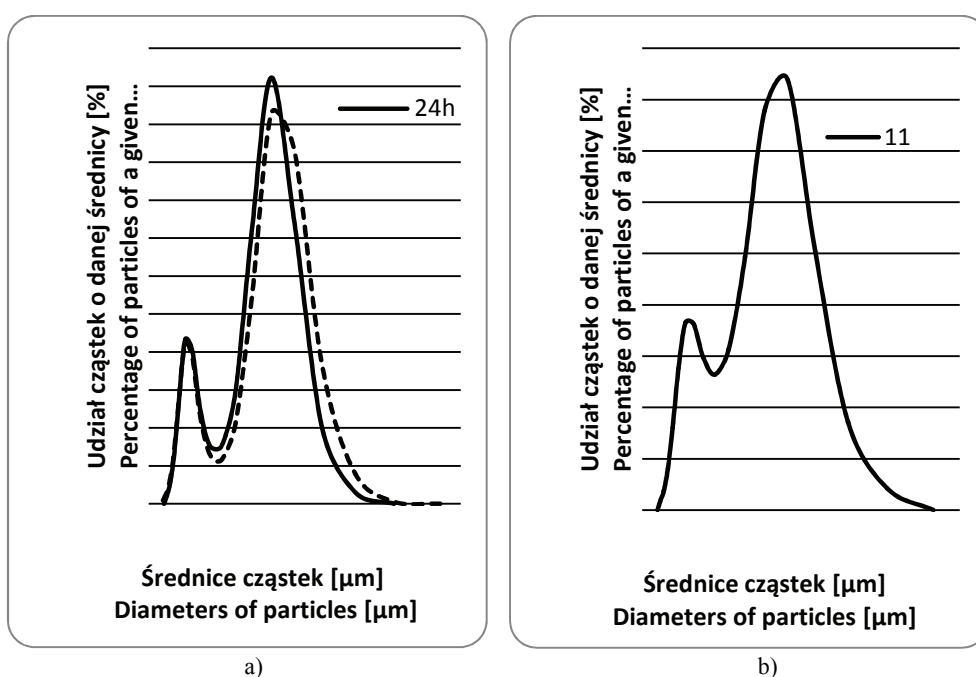
Rys. 1. Rozkłady wielkości cząstek: a) emulsji III; b) emulsji IV po 24 h od wytworzenia oraz po 2 tygodniach przechowywania.

Fig. 1. Distributions of particle sizes in: a) emulsions of Variant III; b) emulsions of Variant IV 24h after manufacturing them and after 2 week-storage.

Średnia wielkość cząstek w emulsjach I i II oraz V i VI wynosiła od 3,17 do 3,84 μm (tab. 2). Ich współczynniki dyspersyjności utrzymywały się na podobnym poziomie (od 1,10 do 1,22). Należy zaznaczyć, że emulsja z wariantu VI również wykazywała stabilny charakter po 24 h od wytworzenia (układ jednofrakcyjny), mimo że średnia wielkość cząstki była większa niż w wariantach III i IV (rys. 3b). Pojawienie się dodatkowej frakcji zaobserwowano natomiast w emulsjach w wariantach I, II i V (rys. 2a i b, 3a). W emulsji z wariantu V proces rozfrakcjonowania był najmniej widoczny, gdyż tylko 9 % stanowiła dodatkowa druga frakcja (rys. 3a). W pozostałych przypadkach udział frakcji w układzie emulsyjnym pozostawał na zbliżonym poziomie: 73 – 74 % – pierwsza frakcja i 26 - 27 % – druga frakcja (rys. 2a i b). Depree i wsp. [6] wykazali, że mniejsze krople emulsji, ściśle upakowane z większymi, mogą tworzyć strukturę siatki przestrzennej stabilizującej układ emulsyjny. Obecność takich dwóch wyraźnie zarysowanych frakcji w emulsji w wariantcie I może świadczyć o zaistnieniu takiego zjawiska.

Po dwóch tygodniach dokonano kolejnego pomiaru średniej wielkości oraz rozkładu cząstek olejowych. Stwierdzono, że w trzech najbardziej stabilnych emulsjach

(warianty I, III i IV) średnia wielkość cząstek rozproszonych nieznacznie wzrosła, jednak liczba frakcji pozostała taka sama (rys. 1a i b, 2a, tab. 2). W przypadku emulsji VI, mimo stabilnego układu po 24 h, po kolejnych dwóch tygodniach przestała wykazywać charakter układu dyspersyjnego (zaobserwowano całkowite rozwarstwienie). Gruczyńska i wsp. [11] wykazali, że na rozkład oraz średnią wielkość cząstek rozproszonej fazy emulsji wpływ mają warunki przechowywania. Podczas przechowywania emulsji, niezależnie od temperatury (pokoju lub chłodniczej), obserwuje się zwykle wzrost średniej wielkości cząstek.

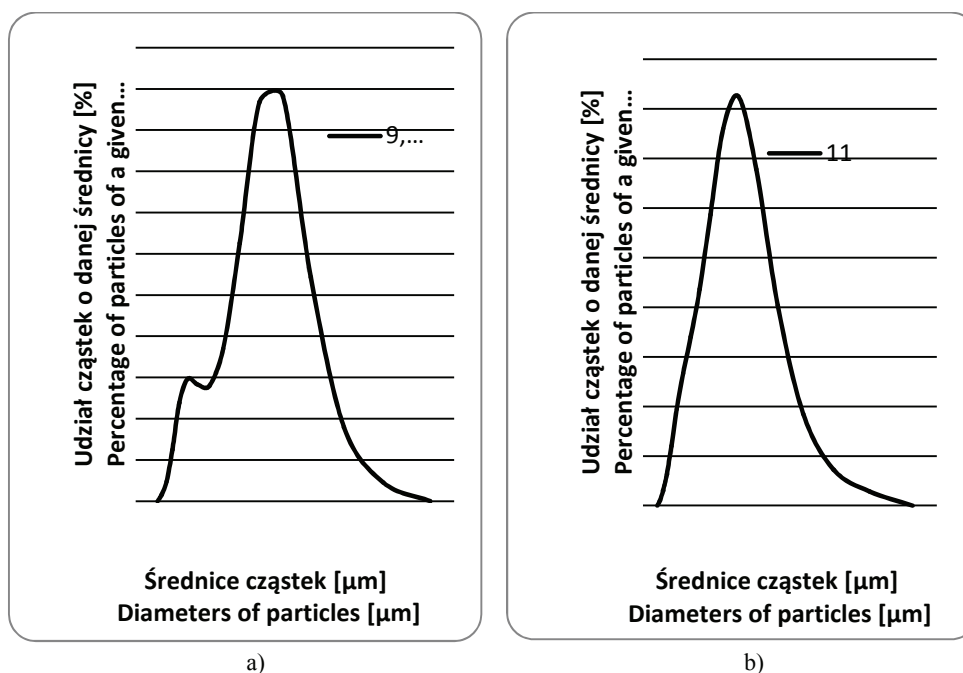


Rys. 2. Rozkłady wielkości cząstek: a) emulsji I po 24 h od wytworzenia emulsji oraz po 2 tygodniach przechowywania; b) emulsji II po 24 h od wytworzenia emulsji.

Fig. 2. Distributions of particle sizes in: a) emulsions of Variant I 24 h after manufacturing them and after 2 week-storage; b) emulsions of Variant II 24 h after manufacturing them.

Stopień dyspersji, jak również wielkość cząstek fazy rozproszonej, są skorelowane z lepkością fazy ciągłej układu emulsyjnego [18]. Badane emulsje charakteryzowały się zróżnicowaną lepkością od 14,5 do 26,1 [Pa·s] (tab. 2). Emulsje ze średnim dodatkiem emulgatora (5 i 7,5 g) homogenizowane przez 3 min (wariant III i IV) wykazywały optymalną wartość lepkości. Pomiar lepkości tych emulsji po 2 tygodniach wykazał nieznaczne zmniejszenie wartości tego parametru, natomiast lepkość emulsji I praktycznie się nie zmieniła. Uwzględniając różną zawartość wody w emulsjach

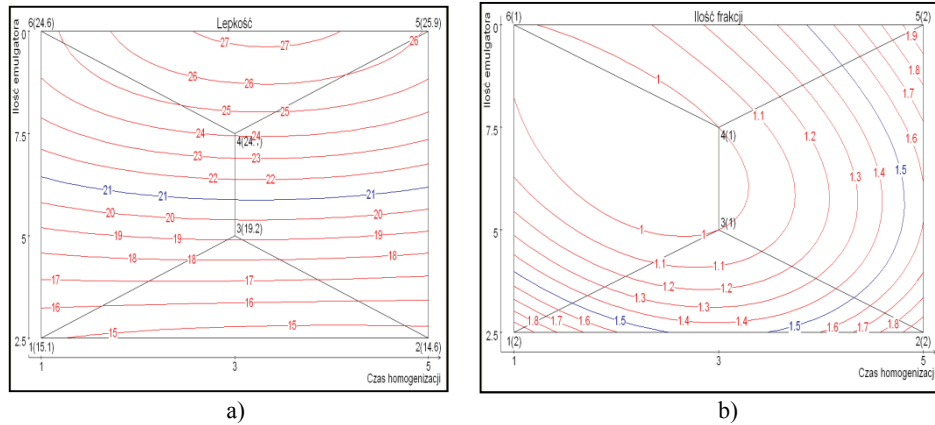
stwierdzono, że emulsje z większą ilością wody charakteryzowały się mniejszą lepkością. Zdaniem Huang'a i wsp. [13] lepkość fazy wodnej istotnie wpływa na stopień dyspersji oleju: im ma ona wyższą wartość, tym trudniej uzyskać odpowiednią dyspersję oleju. Biorąc pod uwagę tę zależność można stwierdzić, że emulsje V i VI były niewłaściwie zdyspergowane.



Rys. 3. Rozkłady wielkości cząstek: a) emulsji V, b) emulsji VI po 24 h od wytworzenia emulsji.

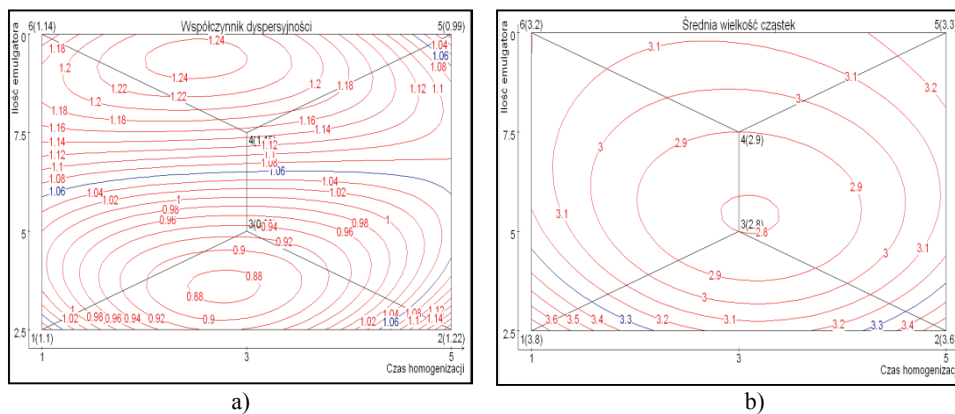
Fig. 3. Distributions of particle sizes in: a) emulsions of Variant V, b) emulsions of Variant VI 24 h after manufacturing them.

Przeprowadzony test wirówkowy wykazał, że najmniej stabilna była emulsja I, z najmniejszym dodatkiem emulgatora, za to z największą zawartością wody oraz największym zróżnicowaniem cząstek fazy zdyspergowanej. Analiza zależności pomiędzy parametrami zmiennymi procesu a lepkością emulsji wykazała, że na wzrost lepkości wpływała głównie ilość emulgatora (czas homogenizacji nie powodował znaczących zmian w wartościach tego parametru) (rys. 4a). Zaobserwowano, że w zakresie dodatku emulgatora od 5 do 10 g układ był monodispersyjny. W tym obszarze optimum stabilności zaobserwowano w przypadku 3 min homogenizacji (rys. 4b).



Rys. 4. Wpływ parametrów wejściowych na: a) lepkość emulsji i b) ilość frakcji w emulsji.

Fig. 4. Effect of input parameters on: a) viscosity of emulsions and b) amount of fractions in emulsion.

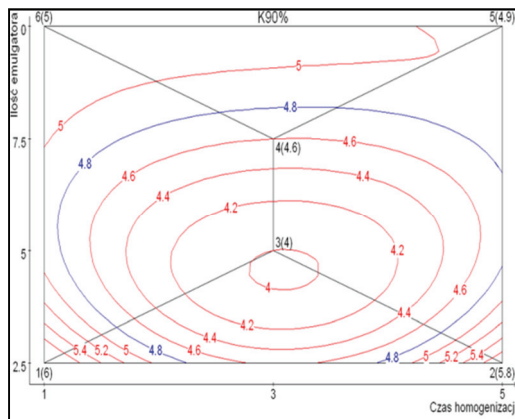


Rys. 5. Wpływ parametrów wejściowych na: a) współczynnik dyspersyjności i b) średnią wielkość cząstek emulsji.

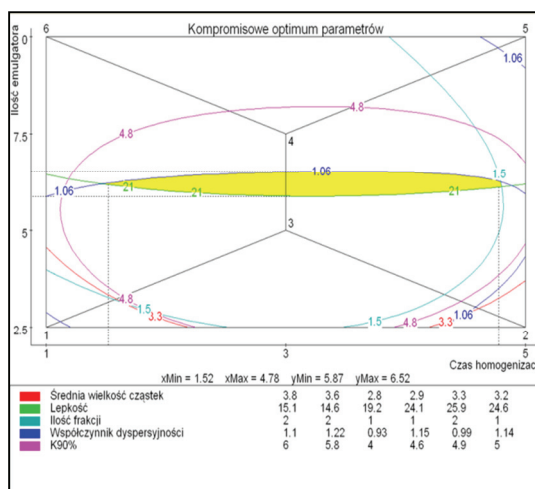
Fig. 5. Effect of input parameters on: a) coefficient of dispersion and b) average size of emulsion particle.

Analiza współczynnika dyspersyjności z wartościami od 0,88 do 1,24 pozwoliła na zaobserwowanie optimum czasu homogenizacji bliskiego 3 min i ilości emulgatora w granicach 3 - 4 g. Wskazuje to, że emulsja o tak zadanych parametrach wejściowych będzie dążyła do układu monodispersyjnego (rys. 5a). Z kolei analiza średniej wielkości cząstek wskazuje na występowanie optimum przy czasie homogenizacji w granicach 3 min i ilości emulgatora w zakresie 5 - 6 g. Średnia wielkość cząstek byłaby wtedy najmniejsza i wynosiła 2,8 μm (rys. 5b). Wydłużanie czasu homogenizacji nie doprowadzi do zmniejszenia wielkości cząstki w układzie dyspersyjnym. Bezzasadne byłoby również zwiększanie wielkości dodatku emulgatora.

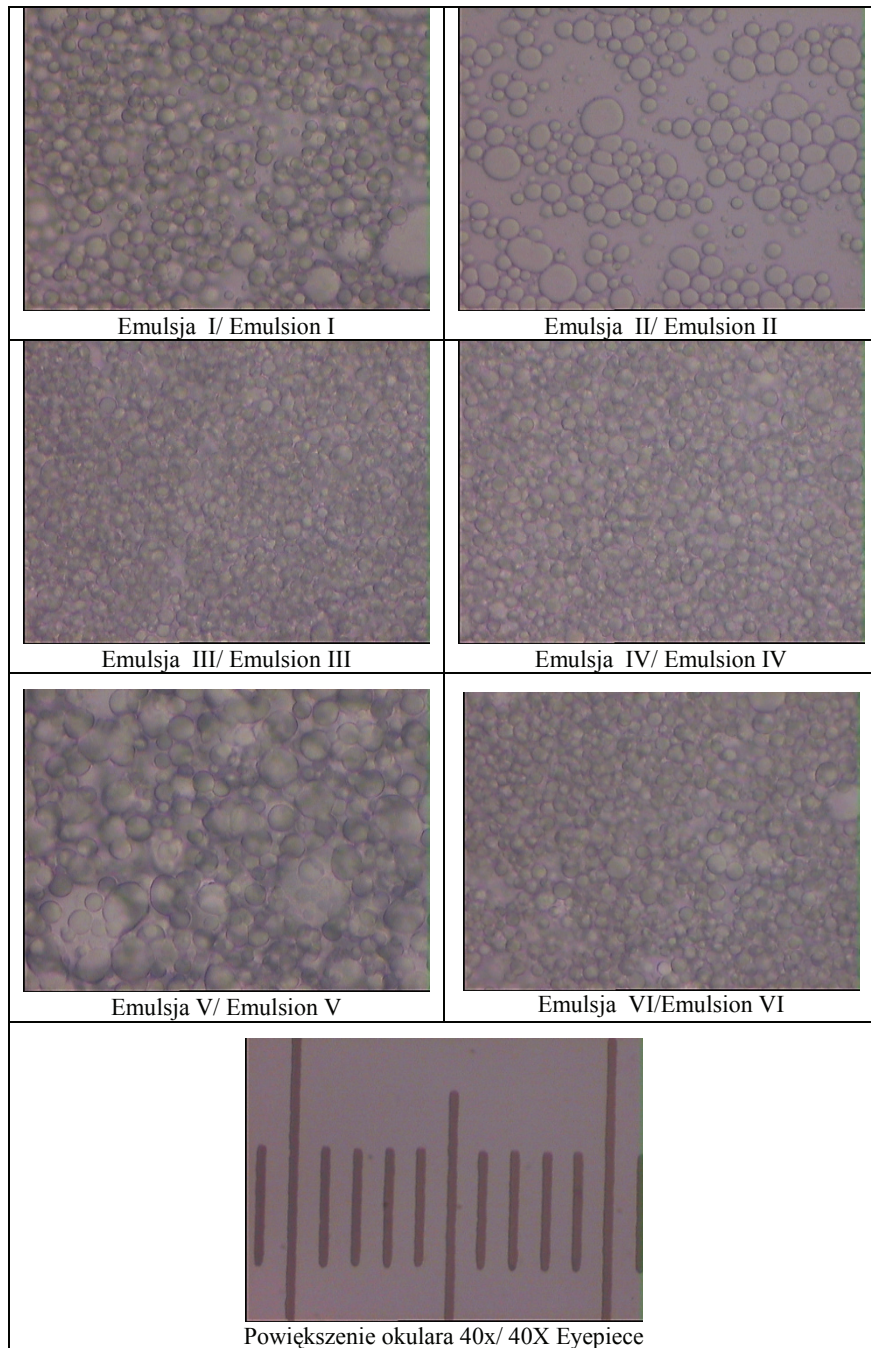
Analizując wpływ parametrów wejściowych na wartość $K_{90\%}$, można zauważyć takie same prawidłowości, jak w przypadku średniej wielkości cząstek. Optimum w przypadku najmniejszej wartości $K_{90\%} = 4 \mu\text{m}$ wystąpiło przy czasie homogenizacji wynoszącym około 3 min oraz dodatku emulgatora około 4,5 g (rys. 6).



Rys. 6. Wpływ parametrów wejściowych na wartość $K_{90\%}$.
 Fig. 6. Effect of input parameters on $K_{90\%}$ value.



Rys. 7. Kompromisowe optimum parametrów.
 Fig. 7. Compromise optimum of parameters.



Fot. 1. Obraz mikroskopowy emulsji (wraz ze skalą) przy powiększeniu 40x.

Phot. 1. Microscopic images of emulsions (I-VI) magnified 40 x.

Z przeprowadzonej analizy optymalizacji parametrów stabilności emulsji (rys. 7) wynika, że w przypadku wytworzonych emulsji, o zadanych na początku doświadczenia parametrach, optymalna ilość emulgatora mieści się w przedziale od 5,87 do 6,52 g, a optymalny czas homogenizacji w zakresie od 1,5 do 4,8 min.

Końcowy etap pracy polegał na analizie obrazów mikroskopowych badanych emulsji (fot. 1). Stwierdzono, że emulsje ze średnią wielkością dodatku emulgatora (5,0 i 7,5 g), homogenizowane przez 3 min (warianty III i IV) wykazywały najbardziej jednorodny charakter. W emulsji z największym dodatkiem emulgatora i po najdłuższym czasie homogenizacji (wariant V) zaobserwowano początek procesu koagulacji. Emulsje z najmniejszą ilością emulgatora, różniące się czasem homogenizacji (warianty I i II) cechowała porównywalna lepkość. Jednak w obrazie mikroskopowym zaobserwowano niejednorodność emulsji z wariantu II – widoczne były duże krople powstałe w wyniku połączenia mniejszych kuleczek. W obrazie mikroskopowym emulsji z wariantu I widoczne były natomiast pojedyncze, większe krople, co potwierdziło wcześniej opisane wyniki (obecność kolejnej frakcji) – rys. 3a i tab. 2.

Wnioski

1. Za optymalną emulsję uznano wariant III, charakteryzujący się dodatkiem emulgatora na poziomie 5 g i 3-minutowym czasem homogenizacji. Układ ten charakteryzował się zarówno najmniejszą wielkością cząstek, jak i współczynnikiem dyspersyjności. Emulsja miała charakter monodispersyjny, a obraz mikroskopowy potwierdził jednorodność układu.
2. Parametry emulsji III były zbliżone od zakresu wyznaczonego przez kompromisowe optimum parametrów emulsji wyznaczone przez program Kateskór. Analiza komputerowa wykazała, że dodatek emulgatora powinien się zawierać w przedziale od 5,87 do 6,52 g, a czas homogenizacji od 1,52 do 4,78 min.
3. Otrzymane wyniki potwierdzają przydatność komputerowej optymalizacji do ustalania właściwego składu i dobierania parametrów technologicznych stabilnych układów emulsyjnych.

Literatura

- [1] Bonilla J., Atarés L., Vargas M., Chiralt A.: Physicochemical properties of chitosan-essential oils film forming dispersions. Effect of homogenization treatments. *Procedia Food Science*, 2011, **1**, 44-49.
- [2] Buffo R.A., Reineccius G.A., Oehlert G.W.: Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsion. *Food Hydrocol.*, 2001, **15**, 53-66.
- [3] Burgaud I., Dickenson E., Nelson P.V.: An improved high-pressure homogenizer for making fine emulsions on a small scale. *J. Food Sci. Technol.*, 1990, **25**, 39-46.
- [4] Chanamai R., McClements D.J.: Creaming stability of flocculated monodisperse oil-in-water emulsions. *J. Colloid Int. Sci.*, 2000, **225**, 214-218.

- [5] Damodaran S.: Protein stabilization of emulsions and foams. *J. Food Sci.*, 2005, **70**, 54-66.
- [6] Depree J.A., Savage G.P.: Physical and flavour stability of mayonnaise. *Food Sci. Technol.*, 2001, **12**, 157-163.
- [7] Dickinson E.: An introduction to food colloids. Oxford University Press, Oxford 1992.
- [8] Dickinson E.: Use of nanoparticles and microparticles in the formation and stabilization of food emulsions. *Trends Food Sci. Technol.*, 2012, **24** (1), 4-12.
- [9] Dickinson E., Elverson D.J., Murray B.S.: On the film-forming and emulsion-stabilizing properties of gum Arabic: dilution and flocculation aspects. *Food Hydrocol.*, 1989, **3** (2), 101-114.
- [10] Garti N.: Progress in stabilization and transport phenomena of double emulsions in food applications. *Lebensm. Wiss. Technol. Food Sci. Technol.*, 1997, **30**, 222-235.
- [11] Gruczyńska E., Kowalski B., Kowalska M., Śmiechowski K.: Charakterystyka wybranych majonezów oraz wpływ temperatury i czasu przechowywania na ich stabilność. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4** (49), 154-166.
- [12] Huck-Iriart C., Álvarez-Cerimedo M.S., Candal R.J., Herrera M.L.: Structures and stability of lipid emulsions formulated with sodium caseinate. *Cur. Opin. Col. Inter. Sci.*, 2011, **16**, 412-420.
- [13] Huang X., Kakuda Y., Cui W.: Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocol.*, 2001, **15**, 533-542.
- [14] Kleeman W.: *Plast und Kautschuk. Das Leder*, 1964, **11**, 723.
- [15] Kowalska M., Żbikowska A., Górecka A.: Wpływ wybranych zagęstników na rozkład kropelek oleju w emulsjach niskotłuszczowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4** (77), 84-93.
- [16] Kryża K., Stodolnik L.: Zmiany stabilności oksydacyjnej i fizycznej emulsji niskotłuszczowych w czasie chłodniczego przechowywania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **3** (52), 28-43.
- [17] Kulawik A., Tal-Figiel B., Warzeł M.: Lecytyna i jej rola w farmaceutycznych emulsjach suchych. *Inż. Ap. Chem.*, 2011, **50** (5), 62-63.
- [18] Langton M., Jordansson E., Altskär A., Sørensen Ch., Hermansson A.-M.: Microstructure and image analysis of mayonnaises. *Food Hydrocol.*, 1999, **13**, 113-125.
- [19] Maindarkar S.N., Bongers P., Henson A.M.: Predicting the effects of surfactant coverage on drop size distributions of homogenized emulsions. *Chem. Eng. Sci.*, 2013, **89**, 102-114.
- [20] McClements D.J.: *Food emulsion: Principles, practice and techniques*. Second edition. CRC Press LLC, New York 1999.
- [21] Mohammad S., Gharibzahedi T., Mousavi S.M., Hamed M., Khodaiyan F.: Application of response surface modeling to optimize critical structural components of walnut-beverage emulsion with respect to analysis of the physicochemical aspects. *Food Bioprocess Technol.*, 2013, **6** (2), 456-469.
- [22] PN-EN ISO 5508. 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [23] PN-EN ISO 5509. 2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [24] Rampurna P., Gullapalli, Bhogi B. Sheth : Effect of methylcellulose on the stability of oil-in-water emulsions. *Int. J. Pharmaceutics*, 1995, **140**, 97-109.
- [25] Raymundo A., Franco J.M., Empis J., Sousa I: Optimization of the composition of low-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. *JAACS*, 2002, **79** (8), 783-790.
- [26] Smirnow W., Jakubczyk K.: OPTIKOMA program komputerowy. Politechnika Radomska, WMiTO, Radom 1997.
- [27] Saitoa M., Yin L., Kobayashic I., Nakajima M.: Comparison of stability of bovine serum albumin-stabilized emulsions prepared by microchannel emulsification and homogenization. *Food Hydrocol.*, 2006, **20**, 1020-1028.

- [28] Taherian A.R., Fustier P., Britten M., Ramaswamy H.S.: Rheology and stability of beverage emulsions in the presence and absence of weighting agents: a review. *Food Biophysics*, 2008, **3**, 279-286.

EFFECT OF SUNFLOWER LECITHIN QUANTITY AND HOMOGENIZATION TIME ON STABILITY OF FOOD EMULSION CONTAINING WALNUT OIL

S u m m a r y

In the research study assessed was the effect of adding an emulsifier and the impact of homogenization time on the stability of emulsion dispersion systems. A Kateskór software was used to choose parameters of stable dispersion systems. Based on the preset initial values of output parameters characterizing the stable emulsion (size of dispersed particles, viscosity, and number of phases), a compromise optimum of input parameters was obtained: the quantity of emulsifier in the emulsion amounting from 5.87 to 6.52 g and the homogenization time between 1.52 and 4.78 min.

The experimental evaluation of the average size of particles, viscosity, and microscopic image of the dispersion system proved that the most stable was the emulsion of Variant III; it contained 5 g of the emulsifier and was homogenized for 3 minutes. The empirically determined parameters of that emulsion were close to the range of the compromise optimum as determined by the Kateskór software.

Key words: walnut oil, sunflower lecithin, optimization of parameters, size of emulsion particles, emulsion stability ☒