

ZMIANA STRUKTURY EMULSJI O/W W PRZEPLYWIE WZDŁUŻNYM*

*Sylwia Różańska, Lubomira Broniarz-Press, Jacek Różański, Marek Ochowiak,
Szymon Woźniowiczki, Piotr Tomasz Mitkowski
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska*

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych nad zmianą struktury kropelek emulsji podczas przepływu rozciągającego między dwoma przeciwstawnymi dyszami. Badania modelowe przeprowadzono dla emulsji o/w stabilizowanych dodatkiem soli sodowej karboksymetylocelulozy oraz politlenku etylenu. Fazę rozproszoną stanowił olej mineralny o lepkości dynamicznej 0,2182 Pa·s. Emulsje zawierały krople o średnicy Sautera od około 20 do 86 μm . Eksperyment został przeprowadzony w zakresie naprężeń rozciągających τ_E od 15 do 2450 Pa i szybkości odkształcenia $\dot{\epsilon}$ od 28,3 do 1019 s^{-1} . Uzyskane na podstawie zdjęć rozkłady średnic kropelek wskazują, że w warunkach eksperymentu nie następowała znacząca ich zmiana pod wpływem naprężeń rozciągających. W przypadku gdy emulsja składała się z kropelek stosunkowo małych ($d_{32} \leq 50 \mu\text{m}$), uzyskane rozkłady kropelek przed i po przepływie rozciągającym są praktycznie takie same. Stosunkowo większe zmiany zaobserwowano dla emulsji, które zawierały duże krople ($d_{32} = 86,7 \mu\text{m}$). W tym przypadku emulsja po przepływie rozciągającym zawierała więcej kropelek o mniejszej średnicy. Dodatkowo zanikły bardzo duże krople o średnicach większych od 120 μm .

Słowa kluczowe: emulsja, rozkład kropelek, średnica kropelek, przepływ wzdluzny

Wprowadzenie

W przypadku emulsji istotnym elementem nadającym jej odpowiednią stabilność jest wielkość i rozkład oraz stężenie kropelek fazy rozproszonej (Coupland i McClements, 2001; Dickinson i in., 1989; Wanga i in., 2011). Faza rozproszona może składać się z kropelek o szerokim spektrum średnic. Ich wielkość i rozkład ma także decydujący wpływ na lepkość układów emulsyjnych (Pal, 2000; Teipel, 2002; Desplanques i in., 2012). Zmniejszenie średnicy kropelek może na przykład pogłębiać efekt rozrzedzania ścinaniem.

* Praca powstała w ramach projektu na temat „Analiza lepkości wzdluznej emulsji” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, N N209 084438 (PUT No. GR 32/844).

Z wymienionych powyżej przyczyn wielkość kropeł i ich rozkład w emulsji w istotny sposób będą wiązały się z jakością produktu końcowego w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i przemysłach pokrewnych zarówno ze względu na jego stabilność, jak i właściwości organoleptyczne.

Średnice kropeł, jakie powstaną podczas wytwarzania emulsji, zależą od wielu czynników, przy czym jednym z podstawowych jest wielkość naprężeń oddziałujących na fazę rozpraszaną. Trzeba jednak pamiętać, że po wytworzeniu produktu emulsyjnego jest najczęściej dalej przetwarzany, co wiąże się z występowaniem naprężeń. W większości przypadków mają one niewielką wartość, jednak w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do zmiany struktury emulsji.

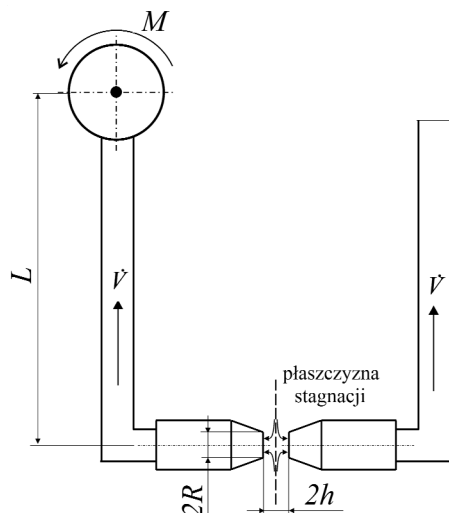
Najczęściej występującą formą odkształcenia płynu jest ścinanie proste, jednak podczas przepływu płynu często występują zwężenia i rozgałęzienia rurociągów, w których mamy do czynienia z przepływem zbieżnym i rozbieżnym. Podczas przetwarzania płyny w przemyśle spożywczym i pokrewnych są poddawane kalandrowaniu, powlekaniu lub wyciskaniu. W procesach tych dominującą formą odkształcenia jest raczej rozciąganie, a nie ścinanie. Wiele substancji występujących w przemyśle spożywczym ulega degradacji pod wpływem naprężeń ścinających. Są to przede wszystkim produkty, które zawierają wysokocząsteczkowe polimery (Riverso i in., 2012; Eling i in., 2009). Z doniesień literaturowych wynika, że niektóre struktury powstające w roztworach, przykładowo długie asocjaty micelarne (micele nitkowe), łatwiej ulegają degradacji podczas rozciągania (Wei i in., 2009).

Celem prezentowanej pracy jest sprawdzenie, jak zmienia się struktura emulsji podczas przepływu rozciągającego pomiędzy dwoma przeciwstawnymi dyszami. Jako płyny modelowe użyto emulsje olej w wodzie stabilizowane dodatkiem soli sodowej karboksymetylocelulozy (Na-CMC) oraz politlenku etylenu (PEO).

Materialy i metody

Badania modelowe zostały przeprowadzone dla emulsji olej w wodzie z dodatkiem Tweenu 40. W celu uzyskania emulsji o szerokim spektrum średnic kropeł, wytwarzane były one przy użyciu mieszadła turbinowego Rushtona w zbiorniku wyposażonym w cztery płaskie przegrody. Ze względu na obecność dużych kropeł konieczny był dodatek polimerów w celu spowolnienia procesu śmietankowania. Dodatkami polimerowymi były: sól sodowa karboksymetylocelulozy (Na-CMC), o średnich wagowo masach cząsteczkowych $M_w = 2,5 \cdot 10^5$ i $7 \cdot 10^5$ oraz politlenek etylenu (PEO), o średnich wagowo masach cząsteczkowych $M_w = 2 \cdot 10^6$ i $5 \cdot 10^6$. Fazę rozproszoną stanowił olej mineralny, którego lepkość w temperaturze 20°C wynosi 0,2182 Pa·s.

Przepływ rozciągający był wytwarzany w reometrze wzdłużnym o przeciwstawnych dyszach, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. W tego typu aparatach podczas jednoczesnego zasysania płynu przez obie dysze występuje przepływ stagnacyjny. W punkcie stagnacji płyn jest poddawany rozciąganiu. Jedna z dysz reometru była zamocowana na ruchomym ramieniu połączonym z momentomierzem, dzięki czemu możliwy był pomiar naprężeń rozciągających. Odległość pomiędzy przeciwstawnymi dyszami była równa ich średnicy wewnętrznej. W skład układu pomiarowego wchodził także zestaw dwóch automatycznych strzykawkę sterowanych przez program komputerowy, które umożliwiały jednoczesne zasysanie takich samych strumieni cieczy przez obie dysze.



Rysunek 1. Schemat reometru wzdłużnego z przepływem stagnacyjnym między przeciwstawnymi dyszami
 Figure 1. Scheme of a lengthwise rheometer with stagnation flow between the opposite nozzles

Wartość naprężenia wzdłużnego (rozciągającego) τ_E i szybkości rozciągania $\dot{\epsilon}$ obliczano z zależności zaproponowanych przez Fullera i in. (1987):

$$\tau_E = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot d^2 \cdot L} \text{ Pa} \quad (1)$$

$$\dot{\epsilon} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d^2 \cdot h} \text{ s}^{-1} \quad (2)$$

gdzie:

- M – moment skręcający (N·m),
- d – średnica wewnętrzna dysz (m),
- L – długość ramienia (m),
- h – połowa odległości między dyszami (m),
- \dot{V} – strumień objętościowy ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

W badaniach wykorzystano trzy dysze o średnicach otworu wlotowego 1, 2 oraz 3 mm, co pozwoliło przeprowadzić pomiary w zakresie naprężeń rozciągających $\tau_E \in (15; 2450)$ Pa i szybkości rozciągania $\dot{\epsilon} \in (28,3; 1019)$ s^{-1} .

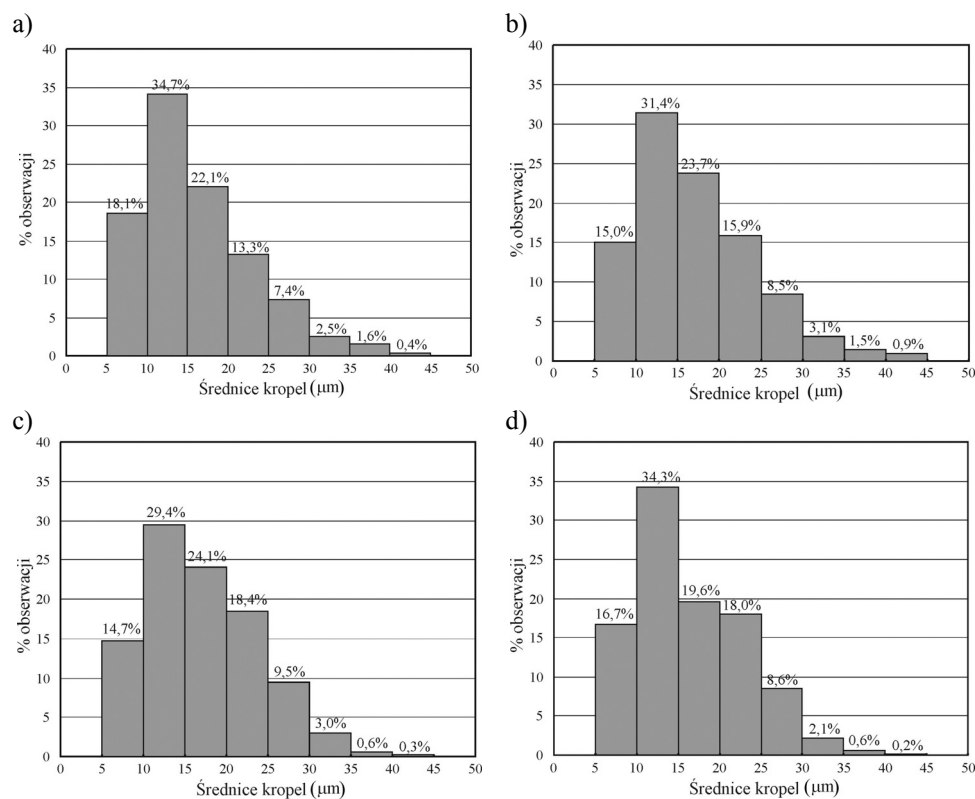
Średnice kropeł emulsji przed i po jej przepływie między dyszami były wyznaczone na podstawie zdjęć wykonanych przy użyciu mikroskopu optycznego Nikon Eclipse 50i. Dla każdej z pięciu niezależnie pobranych próbek emulsji wykonywano osiem zdjęć. Pozwoliło to na uzyskanie od 1000 do 1200 średnic kropeł. Cyfrową analizę uzyskanych obrazów przeprowadzono za pomocą programu Image Pro Plus. Do wyznaczenia średniej średnicy kropeł wykorzystano definicję objętościowo-powierzchniowej średnicy Sautera:

$$d_{32} = \frac{\sum_i n_i d_i^3}{\sum_i n_i d_i^2} \text{ m} \quad (3)$$

gdzie: n_i jest liczbą kropeł o średnicy d_i (μm).

Wyniki i dyskusja

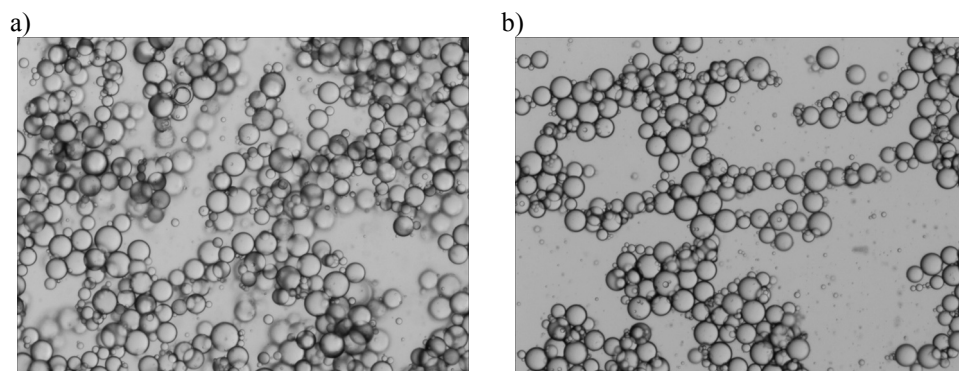
Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe porównanie rozkładu średnic kropeł przed i po przepływie 20%-owej emulsji stabilizowanej dodatkiem Na-CMC między dwoma przeciwstawnymi dyszami.



Rysunek 2. Rozkład średnic kropeł dla 40%-owej emulsji stabilizowanej dodatkiem Na-CMC ($M_w = 2,5 \cdot 10^5$): a) emulsja przed pomiarem, b) $\dot{\epsilon} = 37,7 \text{ s}^{-1}$; c) $\dot{\epsilon} = 127 \text{ s}^{-1}$; d) $\dot{\epsilon} = 1019 \text{ s}^{-1}$

Figure 2. Distribution of drops diameters for 40% emulsion stabilized with addition of Na-CMC ($M_w = 2.5 \cdot 10^5$): a) emulsion before the measurement, b) $\dot{\epsilon} = 37.7 \text{ s}^{-1}$; c) $\dot{\epsilon} = 127 \text{ s}^{-1}$; d) $\dot{\epsilon} = 1019 \text{ s}^{-1}$

Uzyskane rozkłady wskazują, że w omawianym przypadku naprężenia występujące podczas przepływu rozciągającego nie wpłynęły na zmianę struktury kropeł w emulsji. We wszystkich przypadkach najczęściej występuje kropeł o średnicy od 10 do 15 μm . Nie zaobserwowano kropeł większych od 45 μm . Brak zmiany struktury kropeł potwierdzają także przykładowe ich zdjęcia przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3. Zdjęcia emulsji z dodatkiem Na-CMC ($M_w = 2,5 \cdot 10^5$) dla dyszy o średnicy 1mm: a) przed pomiarem, b) po pomiarze, $\dot{\epsilon} = 1019 \text{ s}^{-1}$

Figure 3. Pictures of emulsion with addition of Na-CMC ($M_w = 2.5 \cdot 10^5$) for a nozzle of 1mm: a) before measurement, b) after measurement, $\dot{\epsilon} = 1019 \text{ s}^{-1}$

W tabeli 1 zestawiono średnice Sautera dla emulsji stabilizowanych Na-CMC o udziale objętościowym fazy olejowej 20 i 40% przed i po przepływie między dyszami.

Tabela 1

Średnice kropli d_{32} dla emulsji stabilizowanych Na-CMC

Table 1

Diameter of drops d_{32} for stabilized emulsions Na-CMC

		$\dot{\epsilon}$ (s ⁻¹)	0	37.7	63.7	127	254	509	764	1019
$\phi = 20\%$;	τE (Pa)			156	187	352	697	1183	1653	2064
$M_w = 2,5 \cdot 10^5$	d_{32} (μm)	21.1	21.3	20.0	20.8	20.6	21.0	20.4	20.7	
$\phi = 40\%$;	τE (Pa)			73	89	163	307	509	677	833
$M_w = 2,5 \cdot 10^5$	d_{32} (μm)	23.1	24.1	-	22.1	-	-	-	-	21.8
$\phi = 40\%$;	τE (Pa)			56	65	125	243	484	681	883
$M_w = 7 \cdot 10^5$	d_{32} (μm)	40.7	40.4	43.9	41.5	44.2	48.7	39.0	42.4	

Niezależnie od szybkości odkształcenia, a co się z tym wiąże – wartości naprężeń rozciągających, uzyskano zbliżone średnice d_{32} . Z danych tych wynika także, że w przypadku emulsji stabilizowanej Na-CMC o średniej wagowo masie cząsteczkowej $M_w = 7 \cdot 10^5$ powstały znacznie większe krople. Przykładowo, średnice d_{32} dla świeżo przygotowanych emulsji o udziale fazy olejowej 40% stabilizowanych Na-CMC o średnich wagowo masach cząsteczkowych $M_w = 2,5 \cdot 10^5$ i $M_w = 7 \cdot 10^5$ wynoszą odpowiednio 21,1 i 40,7 μm . Dla obu użytych w badaniach emulsji nie nastąpiła znacząca zmiana średnicy Sautera pod wpływem naprężeń rozciągających.

Drugim analizowanym układem były emulsje stabilizowane dodatkiem politlenku etylenu. W tym przypadku przygotowane emulsje zawierały znacznie większe krople (tab. 2).

Dla świeżo przygotowanych emulsji stabilizowanych dodatkiem PEO o średnich wagowo masach cząsteczkowych $M_w = 2 \cdot 10^6$ i $5 \cdot 10^6$ oraz udziale objętościowym fazy rozproszonej 20%, średnice d_{32} wynoszą odpowiednio 48,4 i 33 μm . Zdecydowanie większe krople powstały w przypadku emulsji zawierającej 40% fazy olejowej. W tym przypadku średnica d_{32} jest prawie dwukrotnie większa i wynosi 86,7 μm .

Tabela 2
Średnica kropeł d_{32} dla emulsji stabilizowanej PEO
Table 2
Diameter of drops d_{32} for stabilized emulsion PEO

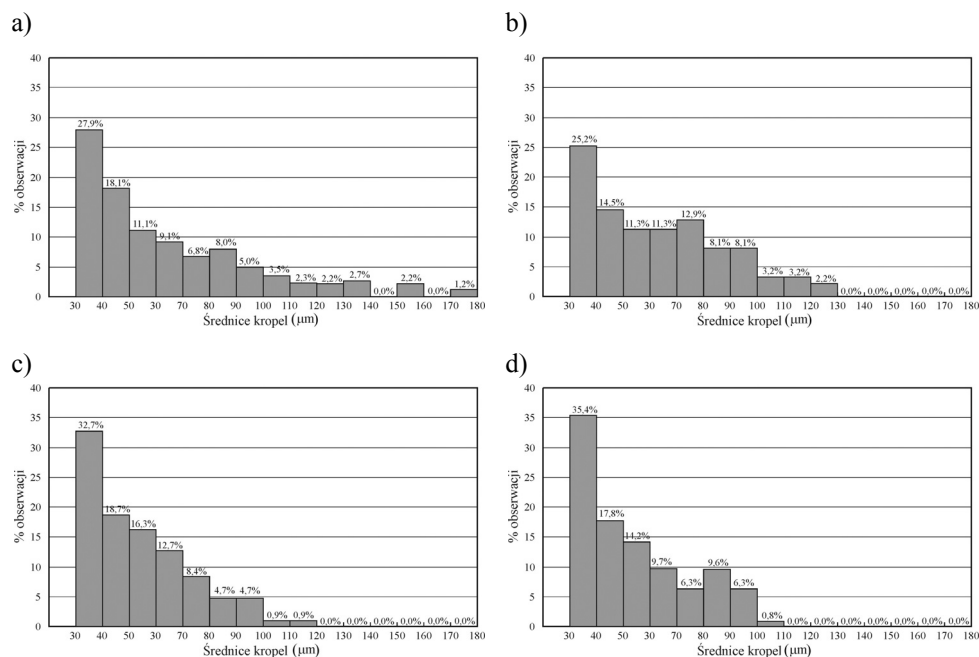
$\dot{\epsilon}$ (s ⁻¹)		0	28.3	63.7	127	254	509	764
$\phi = 20\%$;	τE (Pa)	-	-	36	92	245	670	1040
$M_w = 2 \cdot 10^6$	d_{32} (μm)	48.4	-	42.9	47.9	-	61.3	-
$\phi = 40\%$;	τE (Pa)	-	15.2	42	132	320	1062	2447
$M_w = 2 \cdot 10^6$	d_{32} (μm)	86.7	82	73.2	70.7	60.1	62	67
$\phi = 20\%$;	τE (Pa)	-	-	53	149	957	2205	-
$M_w = 5 \cdot 10^6$	d_{32} (μm)	33	-	34.2	30.9	-	35.6	-

W tabeli 2 zestawione zostały także średnice Sautera obliczone dla kropeł emulsji podanych rozciąganiu. Podobnie jak w przypadku układów stabilizowanych dodatkiem Na-CMC, średnice d_{32} obliczone dla emulsji zawierających mniejsze krople przed i po przepływie między dyszami mają zbliżone wartości. Inna sytuacja występuje w przypadku emulsji zawierającej krople o średnicy $d_{32} = 86,7 \mu\text{m}$. W tym przypadku wartość średnicy Sautera wyraźnie maleje ze wzrostem szybkości odkształcenia.

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe porównanie rozkładu średnic kropeł większych od 30 μm dla emulsji o udziale objętościowym fazy rozproszonej 40%, stabilizowanej PEO. Porównując dane uzyskane przed i po przepływie emulsji przez dysze, można zauważyć, że pod wpływem naprężeń rozciągających zanikają przede wszystkim bardzo duże krople o średnicach powyżej 120 μm . Przy szybkościach rozciągania $\dot{\epsilon} = 254 \text{ s}^{-1}$ i $\dot{\epsilon} = 764 \text{ s}^{-1}$ (rys. 4c, d) rośnie liczba stosunkowo małych kropeł w przedziale średnic od 30 do 70 μm .

Zmianę struktury 40%-owej emulsji stabilizowanej PEO można również zaobserwować, analizując rozkład średnic kropeł wyrażony jako % objętości fazy olejowej. Porównanie takiego rozkładu dla emulsji świeżej i poddanej rozciąganiu przy szybkości odkształcenia $\dot{\epsilon} = 764 \text{ s}^{-1}$ przedstawiono na rysunku 5.

Można zaobserwować, że w przypadku emulsji świeżej, prawie 60% fazy olejowej zawarte jest w kroplach o średnicy przekraczającej 100 μm , mimo że liczbowo jest ich zaledwie 14% (rys. 4d).

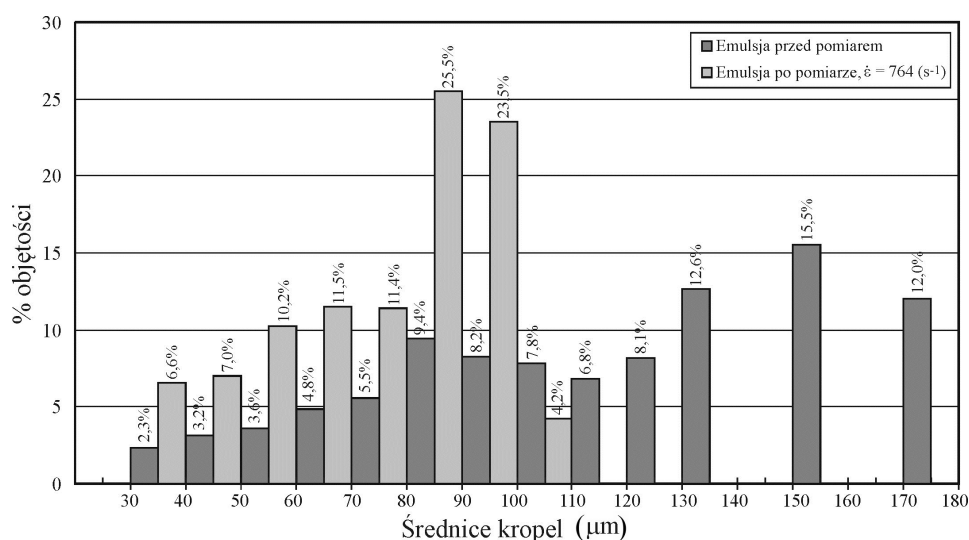


Rysunek 4. Rozkład średnic kropeł dla 40%-owej emulsji stabilizowanej dodatkiem PEO ($M_w = 2 \cdot 10^6$): a) emulsja przed pomiarem, b) $\dot{\epsilon} = 28,3 \text{ s}^{-1}$; c) $\dot{\epsilon} = 254 \text{ s}^{-1}$; d) $\dot{\epsilon} = 764 \text{ s}^{-1}$
 Figure 4. Distribution of drops diameter for 40% stabilized emulsion with PEO addition ($M_w = 2 \cdot 10^6$): a) emulsion before the measurement, b) $\dot{\epsilon} = 28.3 \text{ s}^{-1}$; c) $\dot{\epsilon} = 254 \text{ s}^{-1}$; d) $\dot{\epsilon} = 764 \text{ s}^{-1}$

W przypadku emulsji poddanej rozciąganiu około 35% zdyspergowanego oleju tworzy stosunkowo małe krople o średnicach mniejszych od 70 μm , a tylko około 4,2% w kroplach większych od 70 μm , a tylko około 4,2% w kroplach większych od 100 μm . Najwięcej oleju jest zawarte w kroplach o średnicach od 80 do 100 μm . Z danych tych wynika, że naprężenia powstające podczas przepływu prowadzą głównie do rozpadu kropeł bardzo dużych o średnicach powyżej 100 μm . Rozkłady średnic kropeł przedstawione na rysunkach 4 i 5 wskazują także, że nastąpił wzrost ilości kropeł o średnicach mniejszych od 50 μm . Nie da się jednak jednoznacznie stwierdzić, czy powstały one podczas rozciągania kropli bardzo dużych ($d > 100 \mu\text{m}$), czy też są one wynikiem rozpadu kropeł z przedziału średnic od 60 do 100 μm .

Przedstawione dane doświadczalne dla emulsji o różnych średnicach kropeł świadczą, że w zastosowanym zakresie szybkości rozciągania (od 37,7 do 1019 s^{-1}) pod wpływem naprężeń rozciągających rozpadowi ulegają głównie krople o średnicy powyżej 100 μm . Krople oleju o średnicach poniżej 45 μm są odporne na naprężenie powstałe podczas rozciągania płynu. Występuje tu analogia do przepływu ścinającego. Przy danej wartości naprężenia ścinającego możliwe jest otrzymanie emulsji o określonej średnicy kropeł.

Zmniejszenie ich rozmiarów wiąże się z koniecznością zastosowania przepływu, w którym występują wyższe naprężenia ścinające. Trzeba tu zaznaczyć, że zmiany w strukturze emulsji były analizowane przy jednokrotnym przepływie płynu między dyszami. Równanie określające naprężenie rozciągające (1) zostało wyprowadzone przy założeniu, że wzdłuż całego przekroju dyszy występuje jednorodne rozciąganie płynu (Fuller in., 1987). W rzeczywistości rozciąganie występuje w płaszczyźnie stagnacji (rys. 1) i osiąga maksymalną wartość w punkcie leżącym w osi dyszy. Prawdopodobieństwo, że kropla o dużych rozmiarach (rzędu 130-170 μm) znajdzie się po obu stronach płaszczyzny stagnacji, jest znacznie większe niż dla kropli małych, co dodatkowo sprzyja rozciąganiu tych pierwszych.



Rysunek 5. Porównanie rozkładu średnic kropli przed i po pomiarze dla 40%-owej emulsji stabilizowanej PEO ($M_w = 2 \cdot 10^6$) („% objętości” określa procentowy udział objętości kropli)

Figure 5. Comparison of distribution of drops diameter before and after the measurement for 40% emulsion stabilized with PEO ($M_w = 2 \cdot 10^6$) („% volume” defines a percentage share of drops volume)

Wnioski

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych nad zmianą struktury kropli emulsji podczas przepływu rozciągającego między dwoma przeciwstawnymi dyszami. Dla emulsji o średnicy kropli Sautera mniejszej od około 45 μm nie zaobserwowano wpływu naprężeń powstających podczas przepływu rozciągającego na zmianę jej wartości. Także rozkłady średnic kropli wskazują, że w przypadku takich układów, w zastosowanym zakresie szybkości odkształcenia (37,7 do 1019 s^{-1}) i odpowiadających im naprężeń, średnice

kropel nie ulegają zmianie. Dotyczy to zarówno emulsji stabilizowanych Na-CMC, jak i PEO o udziale fazy objętościowej 20%.

Zmianę rozkładu kropel pod wpływem naprężeń rozciągających zaobserwowano natomiast dla emulsji stabilizowanej PEO, w której występowały bardzo duże krople o średnicach sięgających 170 μm . Ponieważ w kroplach o średnicy $d > 100 \mu\text{m}$ zawarte jest 60% fazy olejowej, ich rozpad prowadzi do znacznych zmian struktury emulsji.

Podsumowując, uzyskane wyniki badań doświadczalnych wskazują, że w zakresie szybkości odkształcenia od 37,7 do 1019 s^{-1} emulsje zawierające krople o średnicach nie większych niż 45 μm są układami stabilnymi. Do zmiany struktury emulsji dojdzie, gdy zwiera ona krople o średnicach przekraczających 100 μm .

Literatura

- Coupland, J.N.; McClements, D.J. (2001). Droplet size determination in food emulsions: comparison of ultrasonic and light scattering methods. *Journal of Food Engineering*, 50, 117-120.
- Desplanques, S.; Renou, F.; Grisel, M.; Malhiac, C. (2012). Impact of chemical composition of xanthan and acacia gums on the emulsification and stability of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 27, 401-410.
- Dickinson, E.; Elverson, D.J.; Murray, B.S. (1989). On the film-forming and emulsion-stabilizing properties of gum Arabic: dilution and flocculation aspects. *Food Hydrocolloids*, 3(2), 101-114.
- Elbing, B.R.; Winkel, E.S.; Solomon, M.J.; Caccio, S.L. (2009). Degradation of homogeneous polymer solutions in high shear turbulent pipe flow. *Experiments in Fluids*, 47, 1033-1044.
- Fuller, G.G.; Cathey, C.A.; Hubbard, B.; Zebrowski, B.E. (1987). Extensional viscosity measurements for low-viscosity fluids. *Journal of Rheology*, 31, 235-249.
- Pal, R. (2000). Shear viscosity behavior of emulsions of two immiscible liquids. *Journal of Colloid and Interface Science*, 225, 359-366.
- Rivero, D.; Gouveia, L.M.; Müller, A.J.; Eduardo Sáez, A. (2012). Shear-thickening behavior of high molecular weight poly(ethylene oxide) solutions. *Rheologica Acta*, 51, 13-20.
- Teipel, U. (2002). Influence of droplet size on the rheological behavior of emulsions. *Chemical Engineering & Technology*, 25, 6, 609-615.
- Wanga, B.; Wang, L.J.; Li, D.; Adhikari, B.; Shid, J. (2011). Effect of gum Arabic on stability of oil-in-water emulsion stabilized by flaxseed and soybean protein. *Carbohydrate Polymers*, 86, 343-351.
- Wei, J.J.; Kawaguchi, Y.; Li, F.C.; Yu, B.; Zakin, J.L.; Hart, D.J.; Zhang, Y. (2009). Drag-reducing and heat transfer characteristics of a novel zwitterionic surfactant solution. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52, 3547-3554.

CHANGE OF THE STRUCTURE OF THE OIL-IN-WATER EMULSION IN THE LENGTHWISE FLOW

Abstract. The paper presents the experimental research results on the change of the structure of emulsion drops during the flow extending between two opposite nozzles. Model research was carried out for oil-in-water emulsion stabilized with addition of sodium salt, carboxymethylcellulose and polyethylene oxide. Mineral oil of dynamic viscosity of 0.2182 (Pa·s) constituted a dispersed phase. Emulsions included drops of Sauter diameter from approximately 20 to 86 μm . The Experiment was carried out within tensile stresses τ_E from 15 to 2450 Pa and the deformation speed $\dot{\epsilon}$ from 28.3 to 1019 s^{-1} . Distributions of drops diameters obtained on the basis of pictures prove that in the conditions of experiment, no significant change occurred influenced by tensile stresses. In case emulsion was composed of relatively small drops ($d_{32} \leq 50 \mu\text{m}$) the obtained distribution of drops before and after the extending flow are almost the same. Relatively bigger changes were reported in case of emulsions, which were composed of big drops ($d_{32} = 86.7 \mu\text{m}$). In this case, emulsion after the extending flow included more drops of a smaller diameter. Additionally, very big drops of diameters bigger than 120 μm disappeared.

Key words: emulsion, distribution of drops, diameter of drops, lengthwise flow

Adres do korespondencji:

Sylwia Róžańska; e-mail: Sylwia.Rozanska@put.poznan.pl
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej
Politechnika Poznańska
pl. M. Skłodowskiej-Curie 5
60-965 Poznań