

Dr inż. Małgorzata KOWALSKA
Katedra Chemii, Wydział Materiałoznawstwa Technologii i Wzornictwa
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
Dr inż. Anna ŻBIKOWSKA
Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych
Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

SPOSOBY OKREŚLANIA WIELKOŚCI CZĄSTEK ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM WYKORZYSTANIA METODY ROZPRASZANIA ŚWIATŁA LASEROWEGO W UKŁADACH EMULSYJNYCH®

W artykule przeglądowym zestawiono metody pomiaru wielkości cząstek, ze szczególnym uwzględnieniem metody dyfrakcji laserowej, w układach dyspersyjnych. Zaprezentowano wykresy rozkładu wielkości kropeł emulsji oraz ilość frakcji dla wybranych próbek spożywczych. Omówiono także jak rozkład cząstek emulsji wpływa na stabilność układów dyspersyjnych. Stwierdzono, że znajomość rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych danej emulsji tłuszczowej może pozwolić na prognozowanie jej właściwości i odpowiednie dobranie parametrów wytwarzania emulsji czyli: ilości obrotów, czasu mieszania, temperatury, pH, lepkości czy składu recepturowego emulsji.

WPROWADZENIE

Emulsją nazywany jest układ dyspersyjny, w którym wielkość kropeł fazy rozproszonej może sięgać nawet do 10^{-3} cm. Z reguły są to układy nietrwale termodynamicznie i tworzą je dwie cieczce nierozpuszczające się wzajemnie w sobie. Emulsję zdyspergowanego oleju (lub innej niepolarniej substancji organicznej) w wodzie oznacza się krótko jako emulsję typu O/W („olej w wodzie”). Natomiast emulsję wody zdyspergowanej w oleju oznacza się jako W/O („woda w oleju”). Typ utworzonej emulsji zależy od proporcji fazy polarnej i niepolarniej oraz niejednokrotnie rodzaju zastosowanego emulgatora. Jedną z codziennie spotykanych emulsji (podstawową w żywności) jest mleko, w którym kropelki tłuszczu rozproszone są w roztworze wodnym soli sodu, wapnia i potasu. Rolę środka łączącego te dwie fazy (emulgatora) pełni kazeina [3,17].

Obie fazy emulsji wykazują różne charaktery (jedna wykazuje silne właściwości hydrofilowe a druga hydrofobowe) i dlatego układ taki dąży do rozwarstwiania się. Ciecze tworzące emulsje nie mieszają się ze sobą, a uzyskanie dyspersji wymaga dostarczenia do układu pewnej ilości energii np. w wyniku mieszania lub wstrząsania. Powoduje to wielokrotne zwiększenie powierzchni kontaktu pomiędzy fazami, co z kolei przyczynia się do wzrostu energii powierzchniowej. Naturalna tendencja takiego układu do obniżania energii wewnętrznej prowadzi do ciągłego zmniejszania powierzchni kontaktu, co w konsekwencji może spowodować całkowity rozdział faz, czyli destabilizację emulsji.

Z punktu widzenia mechanizmów fizykochemicznych typy niestabilności emulsji można podzielić na odwracalne i nieodwracalne [4]. Skutkiem niestabilności odwracalnej jest rozwarstwienie, które daje się zlikwidować poprzez dokładne wymieszanie układu, dzięki czemu emulsja zostaje odtworzona. Do tego rodzaju niestabilności należą: śmietanowanie i sedimentacja. Kolejnym (teoretycznym) typem niestabilności odwracalnej jest flokulacja (określana

również jako koagulacja) [1, 13]. Niestety, w przypadku flokulacji bardzo często dochodzi do agregacji fazy rozproszonej w większe krople czyli do koalescencji. Koalescencja jest rodzajem niestabilności nieodwracalnej, czyli takiej która nie pozwala na odtworzenie pierwotnej organizacji emulsji. Proces koalescencji najczęściej kończy się całkowitym rozdzieleniem fazy wodnej i olejowej - złamaniem emulsji [13].

Aby zapobiec załamaniu emulsji stosuje się ściśle dobrane emulgatory. Poza tym na stabilność emulsji ma wpływ wiele parametrów: wielkość cząstek (kropeł) emulsji, lepkość emulsji, napięcie międzyfazowe, pH, rodzaj emulsji, warunki przechowywania, różnica gęstości między fazami, a także parametry procesu homogenizacji [21].

Celem artykułu jest przedstawienie różnych metod pomiaru wielkości cząstek emulsji ze szczególnym uwzględnieniem praktycznego zastosowania metody dyfrakcji laserowej do oceny stabilności układów emulsyjnych. Najwięcej uwagi poświęcono układom dyspersyjnym występującym w przemyśle spożywczym. Ponadto w pracy wskazano inne dziedziny życia w których metoda rozproszenia światła laserowego jest wykorzystywana.

METODY POMIARU WIELKOŚCI CZĄSTEK

Istnieje wiele metod stosowanych do pomiaru wielkości cząstek. Niektóre z nich mogą być stosowane w szerokim zakresie próbek, ale są takie, które mają ograniczone możliwości i mogą być używane tylko do konkretnych produktów. Zastosowanie nieodpowiedniej metody niesie ze sobą ryzyko otrzymania wyników obciążonych dużym błędem (nawet przy zastosowaniu równoległej metody można uzyskać dużą rozbieżność w wynikach), co w konsekwencji daje rezultaty nieprawdziwe, niedokładne, nieprecyzyjne. Dlatego odnosząc się do walidacji metod należy wybrać taką, która w najmniejszym stopniu będzie obciążona błędem i dostosowana

do rozmiaru cząstki. Należy pamiętać, że większość cząstek nie ma kształtu idealnej kuli, a każda z zaproponowanych technik pomiaru wielkości cząstek takie założenie przyjmuje.

Do pomiarów wielkości cząstek stosuje się wiele różnorodnych technik. Wśród nich należy wymienić:

- Metodę przesiewania – stara, ale powszechnie stosowana do stosunkowo dużych cząstek (~1mm). Jej zaletą jest niski koszt;
- Metody z zastosowaniem ultradźwięków;
- Techniki wykorzystujące gradient pola impulsowego (PFG) oraz magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) [7, 12];
- Metody sedymentacyjne, wykorzystujące podobnie jak powyższe proces rozdzielania. Zasada pomiaru oparta jest na prawie Stokesa, które ma zastosowanie wyłącznie w przypadku kul, które spośród wszystkich brył charakteryzują się unikalną cechą – mają najmniejszą powierzchnię przy największej objętości. Ich wadą są jednak często zaniżone wyniki;
- Metody optyczne – analiza zmian promieniowania świetlnego (odbicia, ugięcia i załamania) przepuszczonego przez analizowaną próbkę;
- Elektrodetekcję przepływową, która jest stosowana przede wszystkim do pomiaru wielkości krwinek, będących monomodalną zawiesiną w rozcieńczonym elektrolicie. Natomiast dla wielu materiałów przemysłowych metoda ta jest niemiarodajna. Polega na przepuszczeniu rozcieńczonej zawiesiny przez naczynie szklane z otworem (kryzą), w warunkach przyłożonego napięcia. Gdy cząstki przepływają przez otwór, zmienia się reaktancja pojemnościowa, co jest obserwowane jako impuls napięcia;
- Metody wykorzystujące mikroskop optyczny, elektronowy czy mikroskop skaningowy. Technika ta pozwala na bezpośrednie oglądanie badanych cząstek, można zobaczyć kształt cząstki, a także dokonać oceny czy uzyskano dobrą dyspersję i czy nie zachodzi aglomeracja cząstek w układzie. Niektóre przyrządy mikroskopowe umożliwiają wykorzystanie metod analizy obrazu do określania wielkości cząstek z dokładnością do 10^{-6} , a nawet 10^{-8} m. Mikroskopia elektronowa wymaga starannego przygotowania próbki i dlatego zalicza się ją do metod powolnych;
- Metodę „dyfrakcji laserowej” inaczej nazywaną „małokątowym rozpraszaniem światła laserowego”, najczęściej stosuje się do pomiaru wielkości cząstek w zakresie od 0,5 do 1000 mikronów. Rozmiar cząstki wyznacza się korzystając z zależności między kątem ugięcia światła (laser) a wielkością cząstki, która spowodowała to ugięcie. Kąt ugięcia światła jest odwrotnie proporcjonalny do rozmiaru cząstki, tzn. (im mniejsze rozmiary cząstek, tym większy kąt rozpraszania światła). W metodzie tej konieczna jest znajomość współczynnika załamania światła materiału cząstki i środowiska dyspergującego, a także składowa absorpcyjna współczynnika załamania musi być znana albo zakładana. Zaletą tej metody jest wysoka powtarzalność, niezawodność jak również dość

szeroki zakres w jakim może następować pomiar. Poza tym technika ta może być stosowana do wielu różnych typów próbek tj. suche proszki, zawiesiny, emulsje czy aerozole [10].

Z punktu widzenia towaroznawczego zasadnicze znaczenie ma wielkość kropeł emulsji, która między innymi wpływa na jej cechy reologiczne (2, 5, 18]. Poza rozmiarem kropeł właściwości układu określają także rozrzut oraz ilość frakcji. Na podstawie znajomości wymienionych parametrów można określić stopień dyspersji, który jest miarą stabilności emulsji. Wielkość cząstek fazy zdyspergowanej jest bardzo istotna w emulsjach spożywczych, ponieważ może decydować np. o smaku czekolady, szybkości rozpuszczania się mleka w proszku lub kawy rozpuszczalnej. Poprzez określenie rozmiaru kropeł emulsji w czasie, bądź w zmieniających się warunkach przechowywania można monitorować zmiany termodynamiczne zachodzące w układzie. Zmiany wielkości cząstek emulsji przechowywanej w warunkach poniżej 0°C, a następnie przeniesionej do temperatury pokojowej świadczą o tym, że badane próbki przestały być emulsją. Można oczywiście układ taki ponownie przeprowadzić w emulsje stosując takie same warunki jak podczas procesu jej wytworzenia, jednak nie doprowadzi to do odtworzenia dokładnie takiego samego układu dyspersyjnego. Raz zniszczona emulsja nie da się w pełni odtworzyć.

Należy zaznaczyć, że promieniowanie laserowe nie występuje w sposób naturalny w przyrodzie, lecz wytwarzane jest przez specjalnie do tego celu skonstruowane urządzenia zwane laserami (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Lasery inaczej nazywane generatorami promieniowania elektromagnetycznego pracują najczęściej w zakresie promieniowania optycznego, od 100 nm do 1 mm, w którym wykorzystywane jest zjawisko emisji wymuszonej. Zasadniczo promieniowanie laserowe różni się własnościami fizycznymi od promieniowania optycznego emitowanego przez konwencjonalne źródła. Na rynku znajduje się dość szeroka oferta urządzeń do wytwarzania promieniowania laserowego. Lasery są to urządzenia bardzo zróżnicowane, które łączą jedynie pewne cechy emitowanego promieniowania. Są one postrzegane jako nowoczesne urządzenia, ponieważ po raz pierwszy pojawiły się zaledwie pół wieku temu. Obecnie promieniowanie laserowe znalazło zastosowanie w różnych procesach technologicznych w przemyśle (np. cięcie, spawanie czy znakowanie laserowe), w medycynie (chirurgia laserowa, lasery biostymulacyjne), nauce, chemii oraz branży wojskowej (śledzenie laserowe) i kosmetyce [23].

LEPKOŚĆ EMULSJI

Drugim czynnikiem bezpośrednio łączącym się z wielkością kropeł emulsji i mającym wpływ na trwałość i stabilność emulsji jest lepkość [19]. Oba parametry określone dla układu emulsyjnego i uzależnione np. od czasu, temperatury, czy od warunków przechowywania umożliwiają w sposób właściwy i wiarygodny uzyskanie informacji o strukturze emulsji oraz o jej stabilności. Zmiany lepkości emulsji np. w czasie przechowywania, są ściśle powiązane ze zmianami rozkładu wielkości kropeł emulsji.

Do czynników mających wpływ na lepkość emulsji należą:

- Obecność w emulsji pęcherzyków powietrza, które podwyższają lepkość emulsji,
- Stopień dyspersji emulsji (emulsje drobnodispersyjne wykazują większą lepkość niż emulsje grubodispersyjne),
- Lepkość wewnętrzna i zewnętrzna fazy emulsji. Znaczna lepkość fazy zewnętrznej zwiększa stabilność emulsji. Z kolei zbyt duża zawartość fazy wewnętrznej jest niekorzystna dla emulsji. Krople fazy zewnętrznej odizolowane są od fazy zewnętrznej charakterystyczną błonką i wywarcie dużego nacisku na wspomnianą błonę może ją uszkodzić, a tym samym doprowadzić do załamania emulsji i np. odwrócenia faz,
- Czas życia emulsji (im emulsja starsza tym jej lepkość większa).

Im większa jest lepkość fazy rozpraszającej tym mniejsza jest szybkość opadania cząstek fazy rozproszonej. Często w celu zwiększenia lepkości wodnej fazy rozpraszającej dodaje się do tej fazy wielkocząsteczkowe substancje hydrofilowe, których roztwory koloidalne charakteryzują się dużą lepkością [15,16]. Wykorzystuje się w tym celu gumę arabską, tragakantę, alginiany, rozpuszczalne w wodzie pochodne celulozy i polimery syntetyczne. Stosuje się również koloidy liofobowe: bentonit, krzemionkę. Natomiast lepkość zawiesin olejowych można modyfikować poprzez rozpuszczenie w fazie olejowej np. monostearynianu glinu.

PRZYDATNOŚĆ DYFRAKCJI LASEROWEJ DO OKREŚLANIA JAKOŚCI WYBRANYCH UKŁADÓW DYSPERSYJNYCH

Najbardziej złożone, pod względem budowy, są emulsje spożywcze, w których występuje niezliczona ilość mikrostrukturalnych powiązań białek, węglowodanów i tłuszczów [9]. Dlatego coraz częściej konieczna jest znajomość budowy układów dyspersyjnych (emulsji, koloidów) i zjawisk powierzchniowych, które mają bardzo duży wpływ na zachowanie się takich układów. I tak np. obecność amfifilowych cząstek w spożywczych układach emulsyjnych odgrywa kluczową rolę w ich stabilizacji. Bardzo ważne jest, aby zrozumieć zachowania faz tych cząsteczek i wybrać odpowiednie z nich do prawidłowego funkcjonowania [6].

Środki powierzchniowo czynne i syntetyczne emulgatory są często negatywnie odbierane przez konsumentów, co zmusza producentów żywności do ich zastępowania naturalnymi związkami. Mono i diglicerydy oraz lecytyny odgrywają nadal kluczową rolę w produkcji emulsji spożywczych, jednak ze względu na ograniczoną dostępność i ze względu na to, że nie występują w stanie wolnym ich wykorzystanie nie jest wystarczające. Dlatego właśnie w ostatnich latach zwiększa się zastosowanie w produkcji emulsji związków ogólnie nazywanych hydrokoloidami [3,15]. Wykorzystując metodę dyfrakcji laserowej w celu monitorowania zmian zachodzących w próbkach spożywczych z różnymi dodatkami,

można ocenić i dokonać wyboru właściwej substancji stabilizującej układ [15].

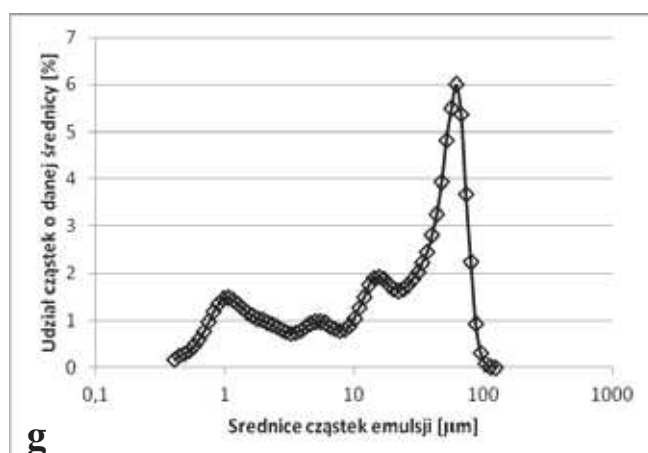
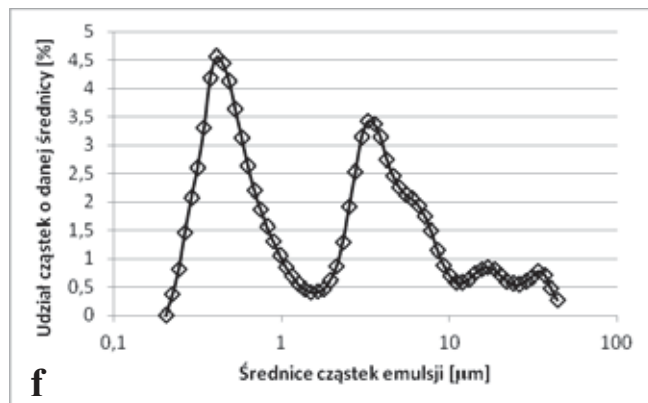
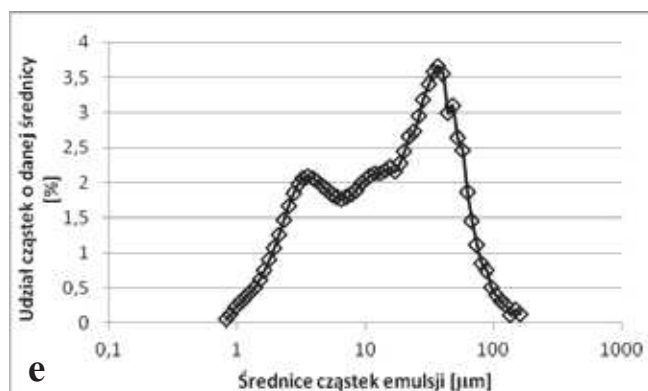
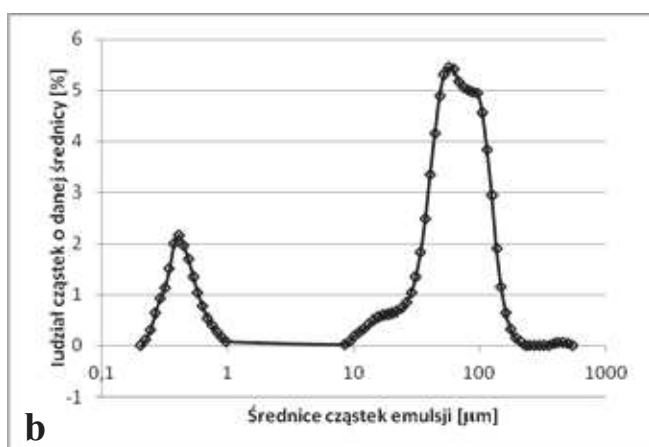
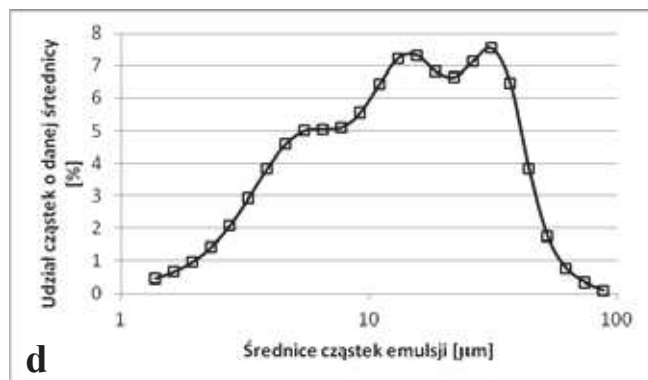
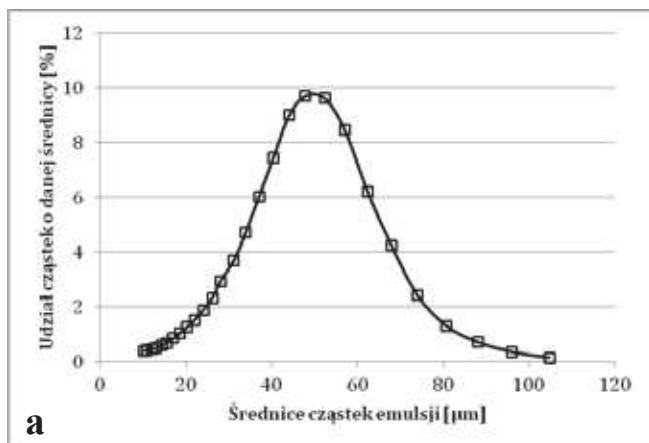
Na rysunku 1 przedstawiono wykresy handlowych emulsji spożywczych. Celowo wybrano emulsje, które prezentowały różny charakter pod względem trwałości układu. Wykresy prezentują różny rozkład i różną wielkość kropeł emulsji. Znajomość tych dwóch zagadnień pozwala na wstępne określenie ich stabilności, czasami również pozwala zaprojektować konkretny układ dyspersyjny. Układy takie, z punktu widzenia termodynamicznego, są nietrwałe i dlatego ich monitorowanie jest celowe i zasadne.

Jak już wspomniano od wielkości cząstek zależy stabilność emulsji. Im mniejsze są ich rozmiary, tym układ powinien odznaczać się większą stabilnością. Oceniając charakter układu należy pamiętać, że ważnymi parametrami związanymi z rozkładem emulsji i wielkością cząstek są współczynnik dyspersji oraz ilość frakcji. Na stan emulsji niejednokrotnie wpływa udział objętościowy fazy zdyspergowanej a także pozostałe cechy reologiczne składowych faz. Parametry te uzależnione są w dużym stopniu od składu emulsji. Duża różnica w wielkości cząstek pomiędzy składnikami emulsji predysponuje do separacji grawitacyjnej układu. Wobec tego wielkość kropeł nie jest w tym przypadku wystarczającym kryterium uzyskania stabilnej emulsji. Jednak kontrolowanie takiego układu poprzez pomiar wielkości kuleczek tłuszczowych przybliża do oceny stanu emulsji, a właściwy dobór warunków technologicznych jak również optymalizacja składu recepturowego pozwala uzyskać trwały produkt [22].

Zastosowanie wygodnej, szybkiej i dokładnej metody do określania wielkości kuleczek w układach dyspersyjnych, takich jak np. majonezy oraz określania ich rozkładu jest szczególnie zasadne dla zapewnienia kontroli jakości. Wykorzystanie do tego celu metody dyfrakcji laserowej jest więc uzasadnione zwłaszcza przy ocenie towaroznawczej jak również przy kontroli cech jakościowych układów dyspersyjnych [11]. W wielu gałęziach przemysłu spożywczego metoda dyfrakcji laserowej może być standardem w badaniu wielkości i rozkładu kuleczek tłuszczu, między innymi dotyczy to emulsji tłuszczowych.

Analizując charakterystykę emulsji (rys. 3) można wykazać, że takie parametry jak: ilość frakcji oraz średnia wielkość cząstek mogą być pomocne do wstępnej oceny trwałości danego układu a więc **metoda dyfrakcji laserowej może być wykorzystana jako parametr kontroli jakości emulsji spożywczych**. Można monitorować jakość emulsji, sprawdzając jak zmienia się stabilność takich układów, w zależności od parametrów zewnętrznych. Metoda ta pozwala na jednoznaczną ocenę produktów pod względem trwałości, co dla producenta żywności i potencjalnego nabywcy jest bardzo ważne. Konsument potrafi ocenić jedynie stan końcowy, czyli załamanie emulsji (rozwarstwienie). Natomiast zmiany, które zachodzą w emulsji takie jak łączenie się kropeł w większe aglomery, pojawianie się dodatkowej frakcji w czasie przechowywania (podczas gdy produkt znajduje się w okresie przydatności do spożycia) są niemożliwe do zweryfikowania „gołym okiem”. Dyfrakcja laserowa wydaje się być metodą pozwalającą ustalić aktualny stan emulsji.

Analizując średnią wielkość kuleczek w badanym układzie, można wykazać, że emulsja z dużymi kuleczkami będzie



Rys. 1. Rozkład średniej wielkości kropeł w próbkach emulsji spożywczych
 a. rozkład jednofrakcyjny,
 b. c. rozkład dwufrakcyjny,
 d. e. rozkład trójfrakcyjny,
 f. g. rozkład wielofrakcyjny.

Źródło: Opracowanie własne

miała tendencję do zlepiania się cząstek w jeszcze większe aglomeraty, co z kolei wpływa na stabilność emulsji, będącą wynikiem interakcji zachodzących pomiędzy poszczególnymi kroplami olejowymi. Tak więc o stabilności układu decydować będzie suma oddziaływań fizycznych tj. Siły Van der Waalsa, elektrostatycznych, hydrofobowych, hydratacyjnych, cieplnych. Oczywiście stan emulsji uzależniony jest od tego jaki rodzaj emulgatora został zastosowany i jaki jest jego wpływ na tego rodzaju oddziaływania [8]. Zastosowanie dyfrakcji jako „monitoringu” danego układu dyspersyjnego mogłoby pozwolić na uchwycenie stanu przed załamaniem emulsji. Są to rozważania pozostające w sferze badań naukowych, bo jeśli chodzi o emulsje spożywcze to takim kryterium jest na pewno rozdział. W tym przypadku pomiar wielkości oraz rozkład cząstek emulsji wykazałby niestabilność układu. Jednakże w przypadku emulsji kosmetycznych czy technicznych (nie mających bezpośredniego wpływu na organizm ludzki) załamanie się takiej emulsji nie musi całkowicie jej eliminować. Można próbować ją odtworzyć, ale jak już wspomniano rozmiar cząstki nie powróci do stanu pierwotnego. Jeśli to będzie np. emulsja natłuszczająca stosowana do natłuszczania skór w garbarstwie, to może okazać się że rozmiar kropli, który powstał po odtworzeniu jest znacznie większy i tłuszcz który ma za zadanie wnikać do skóry i natłuścić ją, pozostanie na jej powierzchni dając efekt przetłuszczenia.

Również zdaniem Rolanda [20] znajomość rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych danej emulsji tłuszczowej może pozwolić na prognozowanie jej właściwości i być pomocne w doborze odpowiednich parametrów tworzenia emulsji czyli ilości obrotów, czasu mieszania, temperatury, pH, lepkości czy chociażby rodzaju tłuszczu. Umiejętność właściwego doboru powyższych parametrów ma szczególne znaczenie w takich branżach jak np. przemysł kosmetyczny (wytwarzanie emulsji natłuszczających do ciała: kremów, mleczek, balsamów czy środków myjących: żeli, emolientów, szamponów czy wreszcie preparatów, które poza przeznaczeniem pielęgnacyjnym mają przeznaczenie lecznicze np. dermokosmetyków), farmaceutyczny (do wytwarzania pożądanych postaci leków – głównie zawiesin czy emulsji), medycyna (do określania postaci hemoglobiny) oraz w przemyśle chemicznym [14,24].

PODSUMOWANIE

Metoda dyfrakcji laserowej może być z powodzeniem wykorzystywana w ocenie towaroznawczej gotowych produktów handlowych, jak również układów dyspersyjnych nad którymi jeszcze trwają badania. Pozwala ona na wypracowanie składu emulsji o specyficznych i unikatowych właściwościach oraz, co istotne stabilnym charakterze.

Podsumowując zestawione informacje oraz przedstawione możliwości wykorzystania metody dyfrakcji laserowej można jednoznacznie stwierdzić, że daje ona szansę właściwej i dokładnej oceny trwałości i stabilności również spożywczych emulsji. Stosowanie jej do oceny jakości układów dyspersyjnych jest zatem jak najbardziej uzasadnione.

LITERATURA

- [1] **CHANAMAI R., MCCLEMENTS D. J. 2000.** *Creaming stability of flocculated monodisperse oil-in-water emulsions.* Journal of Colloid and Interface Science, 225, 214-218.
- [2] **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.
- [3] **DICKINSON E. 2009.** *Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers.* Food Hydrocolloids, 23, 6, 1473-1482.
- [4] **DICKINSON E. 2012.** *Use of nanoparticles and microparticles in the formation and stabilization of food emulsions.* Trends in Food Science and Technology, 24, 4-12.
- [5] **DLUŻEWSKA E., LESZCZYŃSKI K. 2006.** *Stabilność i cechy reologiczne emulsji napojowych z dodatkiem gumy ghatti.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1, 21-24.
- [6] **FEI YANG, SHANGYING LIU, JIAN XU, QIANG LAN, FANG WEI, DEJUN SUN 2006.** *Pickering emulsions stabilized solely by layered double hydroxides particles: The effect of salt on emulsion formation and stability.* Journal of Colloid and Interface Science, 302, 159-169.
- [7] **FRIDJONSSON E.O., FLUX L.S., JOHNS M.L. 2012.** *Determination of mean droplet sizes of water-in-oil emulsions using an Earth's field NMR instrument.* Journal of Magnetic Resonance, 221C, 97-102.
- [8] **GARTI N., LESER M.E. 2001.** *Emulsification properties of hydrocolloids.* Polymers for Advanced Technology, 12, 123-135
- [9] **GARTI N. 1999.** *What can nature offer from an emulsifier point of view: trends and progress?* Colloids and Surfaces, 152, 125-146.
- [10] **GOUDAPPEL G. J. W., VAN DUYNHOVEN J. P. M., MOOREN M. M. W. 2001.** *Measurement of Oil Droplet Size Distributions in Food Oil/Water Emulsions by Time Domain Pulsed Field Gradient NMR.* Journal of Colloid and Interface Science, 239, 535-542.
- [11] **GRUCZYŃSKA E., KOWALSKI B., KOWALSKA M., ŚMIECHOWSKI K. 2003.** *Charakterystyka wybranych majonezów oraz wpływ temperatury i czasu przechowywania na ich stabilność.* Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, 4 (49), 154-166. Journal of Colloid and Interface Science, 2, 383-389.
- [12] **HOLLINGSWORTH K.G., JOHNS M.L. 2003.** *Measurement of emulsion droplet sizes using PFG NMR and regularization methods.* Journal of Colloid and Interface Science, 2, 383-389.
- [13] **IVANOV I.B., DANOV K.D., KRALCHEVSKY P.A. 1999.** *Flocculation and coalescence of micron-size emulsion droplets.* Colloids and Surfaces, 152, 161-182.
- [14] **JURADO E., BRAVO V., CAMACHO F., VICARIA J.M., FERNÁNDEZ-ARTEAGA A. 2007.**

- Estimation of the distribution of droplet size, interfacial area and volume in emulsions. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 295, 91-98.
- [15] **KOWALSKA M., GÓRECKA A. 2010.** *Charakterystyka emulsji niskotłuszczowych z dodatkiem wybranych hydrokoloidów. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 73-77.
- [16] **KOWALSKA M., ŻBIKOWSKA A. GÓRECKA A. 2011.** *Wpływ wybranych zagęstników na rozkład kropeł oleju w emulsjach niskotłuszczowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (77), 84-93.
- [17] **LUPI F.R., GABRIELE D., CINDIO B. DE., SÁNCHEZ M.C. 2011.** *A rheological analysis of structured water-in-olive oil emulsions. Journal of Food Engineering*, 107, (3-4), 296-303.
- [18] **PAL R. 2011.** *Rheology of simple and multiple emulsions. Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16, 1, 41-60.
- [19] **PAL R. 2008.** *Viscosity models for multiple emulsions. Food Hydrocolloids*, 22, 428-438.
- [20] **ROLAND I., PIEL G., DELATTRE L., EVRARD B. 2003.** *Systematic characterization of oil-in-water emulsions for formulation design. International Journal of Pharmaceutics*, 263, 1-2, 85-94.
- [21] **SAITOA M., YIN L., KOBAYASHIC I., NAKAJIMA M. 2006.** *Comparison of stability of bovine serum albumin-stabilized emulsions prepared by microchannel emulsification and homogenization. Food Hydrocolloids*, 20, 1020-1028.
- [22] **SCHUBERT H., AX K., BEHREND O. 2003.** *Product engineering of dispersed systems. Trends in Food Sciences and Technology*, 14, 9-16.
- [23] **STRONA INTERNETOWA: www.ciop.pl, 20.09.2012.**
- [24] **URSICA L., TITA D., PALICI I., TITA B., VLAIA V. 2005.** *Particle size analysis of some water/oil/water multiple emulsions. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 37, 931-936.

METHODS OF DETERMINATION OF PARTICLE SIZE WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE USE OF A LASER LIGHT SCATTERING METHOD IN EMULSION SYSTEMS

SUMMARY

The methods of determination of particle size of emulsion with particular reference to the method of laser diffraction in dispersing systems were presented in this work. The diagrams of droplet size distribution of emulsion and the number of fractions for selected food samples were presented. It was pointed out, that the distribution of droplet size of emulsion affected on the stability of dispersion systems. It was founded that the knowledge of the size distribution of fat globules of the fat emulsion may allow on the prediction of the properties and appropriate selection of parameters to create the emulsion i.e.. the rotational speed, mixing time, temperature, pH, viscosity and composition of the emulsion.