

Barbara SYKUT<sup>1</sup>, Konrad KOWALIK<sup>1</sup>, Marek OPIELAK<sup>1</sup>, Andrzej TOMPOROWSKI<sup>2</sup>, Magdalena GÓRA<sup>1</sup>

e-mail: b.sykut@pollub.pl

<sup>1</sup> Zakład Inżynierii Procesowej, Bezpieczeństwa i Ekologii, Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, Lublin<sup>2</sup> Zakład Systemów Technicznych i Ochrony Środowiska, Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Badanie efektu homogenizacji produktów spożywczych

### Wstęp

Homogenizacja jest procesem zapobiegającym samorzutnemu rozdzielaniu się faz w ciekłych układach niejednorodnych, złożonych z fazy ciągłej i rozproszonej, które różnią się właściwościami fizykochemicznymi. Obecnie w przemyśle dąży się do zwiększenia stabilności produktów ciekłych, które mają tendencje do rozwarstwiania się i tworzenia zawiesin, skutecznie zapobiega temu homogenizacja [Popko i Popko, 2000; Komsta i Opielak 2000].

Proces homogenizacji ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym w przetwórstwie mleka, produktów mlecznych, soków, odżywek dziecięcych. Stosuje się go także w przemyśle chemicznym do produkcji farb, tworzy sztucznych, emulsji fotograficznych, w przemyśle kosmetycznym do produkcji kremów, past, odżywek, szamponów, w przemyśle farmaceutycznym przy produkcji leków i suplementów diety, w biotechnologii w celu destrukcji organizmów jednokomórkowych, przygotowania próbek badawczych.

Homogenizacja m.in. zwiększa ujednorodnienie struktury układu i podwyższenie stabilności emulsji. Dzięki stabilności emulsji nie zachodzą procesy pogarszające jakość wyrobu finalnego. Przykładem takiego zjawiska może być gorknienie mleka przy źle dobranych parametrach ciśnieniowych procesu.

Powstawanie oraz podwyższanie jakości emulsji może następować m.in. pod wpływem intensywnego mieszania, podczas przepływu ciśnieniowego przez szczelinę oraz przy zastosowaniu ultradźwięków [Lewicki, 2005]. Homogenizacja ciśnieniowa jest szeroko stosowana do otrzymywania produktów wysoko przetworzonych jako jedna z najpopularniejszych metod przetwórstwa mleka [Komsta, 2006; 2008].

Podstawą oceny efektywności procesu homogenizacji jest średnia średnica objętościowo-powierzchniowa kuleczek fazy rozdrobnionej, wyrażona % udziałem liczby kuleczek tłuszczowych o średniej średnicy poniżej 2  $\mu\text{m}$  w łącznej liczbie kuleczek tłuszczowych. Bardzo ważny jest optymalny dobór parametrów mających istotny wpływ na efekt homogenizacji, głównie ciśnienia oraz temperatury, z uwzględnieniem fizykochemicznych właściwości przetwarzanej substancji.

Niezbędne są badania efektywności homogenizacji emulsji, które można wykonywać metodą mikroskopową lub podstojową. Metoda mikroskopowa opisana w *Polskich Normach* [PN-75/A-86059] opiera się na pomiarze średnicy kuleczek fazy rozdrobnionej i ich liczby. Metodą podstojową natomiast bada się stopień rozwarstwiania się emulsji i stosuje się ją jako metodę porównawczą [Popko, 2002; Jurczak, 2005].

Celem pracy jest ocena metodą mikroskopową oraz metodą podstojową efektu homogenizacji śmietanki UHT, o zawartości tłuszczu 18%, pochodzącej od trzech różnych producentów.

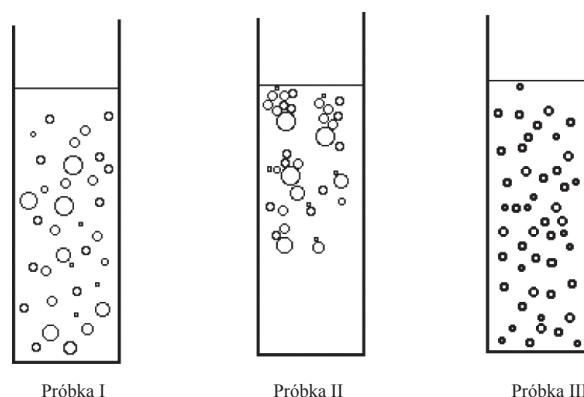
### Metody oznaczania efektu homogenizacji

**Metoda mikroskopowa** polega na mikroskopowym pomiarze średnicy kuleczek tłuszczowych z pięciu pól widzenia przy założeniu, że na każdym z pól znajduje się co najmniej 30 kuleczek tłuszczowych. Na podstawie tych pomiarów określa się skuteczność homogenizacji.

Metoda mikroskopowa jest uznawana za precyzyjną i dokładną lecz bardzo pracochłonną, dlatego nie może być stosowana do ciągłej oceny pracy homogenizatora. W tej metodzie homogenizację uznaje się za

prawidłową przy efektywności  $E > 85\%$  kuleczek tłuszczowych o średnicy poniżej 2  $\mu\text{m}$  [Kowalik, Olszewski, Sykut, 2007].

**Metoda podstojowa** oparta jest na skłonności mleka do podstawiania, czyli rozwarstwiania się. Podczas przechowywania mleka, które nie zostało poddane procesowi homogenizacji, zachodzi zjawisko rozwarstwiania się fazy tłuszczowej z fazą wodną (Rys. 1). Zjawisko to powodzi produktów mlecznych starają się wyeliminować.



Rys. 1. Próbkę mleka I – mleko nie przetwarzane, II – mleko nie przetwarzane po kilku godzinach przechowywania, III – mleko homogenizowane po kilku godzinach przechowywania nie podstaje się

Czas przechowywania mleka zgodnie z amerykańską normą wynosi 48 godzin, natomiast według normy duńskiej wynosi 72 godziny. Zgodnie z tymi normami próbka ma być przechowywana w cylindrze Hennela w temperaturze 5÷10°C w ciągu ww. czasu. Po upływie tego czasu określana jest zawartość tłuszczu w dolnej i górnej części próbki znajdującej się w cylindrze na wysokościach 50 cm<sup>3</sup> od dolnej i górnej powierzchni cylindra.

Według metody podstojowej proces homogenizacji jest prawidłowy, gdy  $E \geq 90\%$  [Popko, 2002].

Skuteczność homogenizacji w metodzie podstojowej obliczana jest jest ze wzoru:

$$E = \frac{y}{x} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

- $x$  – zawartość tłuszczu w górnej części cylindra,
- $y$  – zawartość tłuszczu w dolnej części cylindra

### Materiał i opis badań

**Materiał do badań** stanowiła śmietanka homogenizowana dostępna na rynku, wyprodukowana przez trzech głównych producentów mleka i przetworów mlecznych. Zbadana została śmietanka UHT o zawartości tłuszczu B (18%) od trzech producentów (1, 2, 3) i została nazwana: B1, B2 i B3

Badania zostały wykonane w laboratorium *Instytutu Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii Politechniki Lubelskiej*.

Oznaczenie efektu homogenizacji śmietanki zostało przeprowadzone metodą mikroskopową zgodnie z Polską Normą [PN/75-A-86059] oraz metodą podstojową zgodnie z normą amerykańską.

**Pomiary średnicy i liczby kuleczek tłuszczu** śmietanki UHT 18% zgodnie z metodą mikroskopową wykonywano za pomocą mikrometru okularowego zainstalowanego na mikroskopie biologicznym. Pomiary średnicy kuleczek tłuszczowych w każdej badanej śmietance wykonano na trzech preparatach obserwując w każdym po pięć pól widzenia. Zliczano kuleczki tłuszczowe o średnicy poniżej 2 µm.

Średnią średnicę kuleczek tłuszczowych obliczano ze wzoru:

$$d_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n d_n}{n} \quad (2)$$

gdzie:

- $n$  – liczba kuleczek tłuszczu,
- $d$  – średnica kuleczki tłuszczu

**Skuteczność homogenizacji** określano jako procentowy udział kuleczek tłuszczu,  $n_1$ , które mają średnicę poniżej 2 µm do ogólnej ich liczby,  $n$  i obliczano ze wzoru:

$$E = \frac{n_1}{n} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

- $n$  – liczba kuleczek o średnicy poniżej 2 µm
- $n_1$  – liczba wszystkich zmierzonych kuleczek

**Badania zawartości tłuszczu** zgodnie z zasadami metody odstożowej polegały na przygotowaniu w cylindrze *Hennera* próbek, które umieszczano w lodówce w temperaturze  $5 \pm 10^\circ\text{C}$  na czas 48 godz. (zgodnie z normą amerykańską). Po upływie tego czasu przeprowadzano badanie zawartości tłuszczu w próbce pobranej z dolnej i górnej części cylindra.

### Wyniki badań i ich ocena

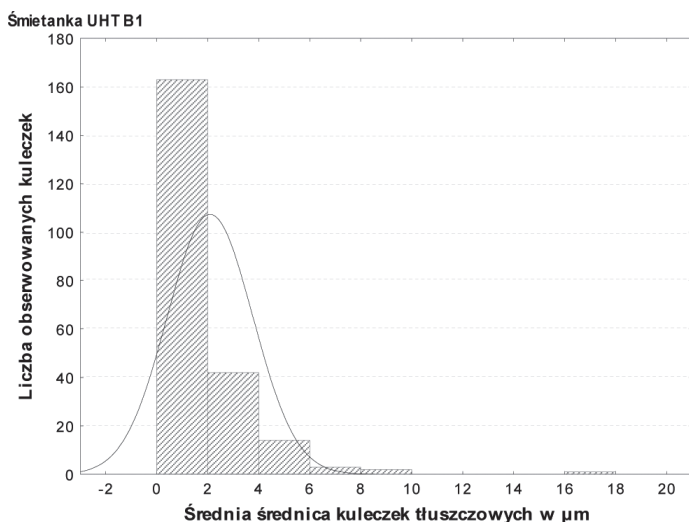
Przykładowe wyniki pomiaru średniej średnicy kuleczek tłuszczowych z jednego powtórzenia oznaczania efektu homogenizacji badanych śmietanek B1, B2, B3 metodą mikroskopową przedstawiono na rys. 2-4.

**Średnia średnica kuleczek tłuszczowych** ze wszystkich powtórzeń (trzy powtórzenia po pięć pól widzenia) wyniosła:

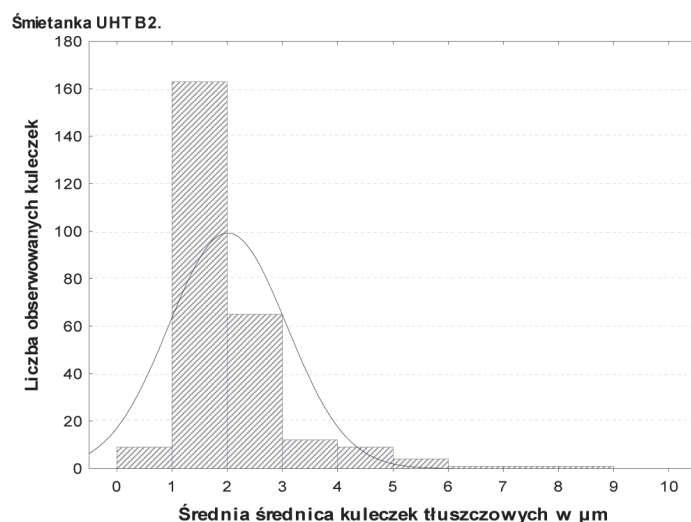
- dla śmietanki B1  $d_{sr} = 1,935 \mu\text{m}$ ,
- dla śmietanki B2  $d_{sr} = 2,212 \mu\text{m}$
- dla śmietanki B3  $d_{sr} = 2,109 \mu\text{m}$ .

**Średnia wartość efektu homogenizacji** ze wszystkich wykonanych powtórzeń wyniosła:

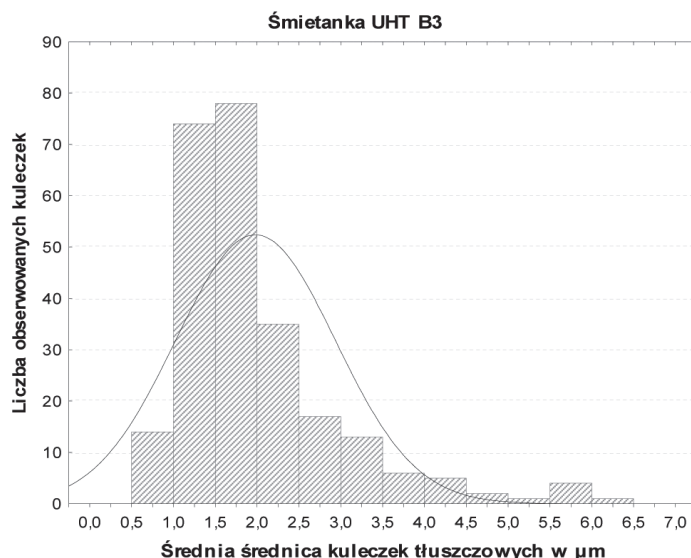
- dla śmietanki B1  $E_{sr} = 77,70\%$
- dla śmietanki B2  $E_{sr} = 68,53\%$
- dla śmietanki B3  $E_{sr} = 71,89\%$



Rys. 2. Histogram średnich średnic kuleczek tłuszczowych w śmietance B1

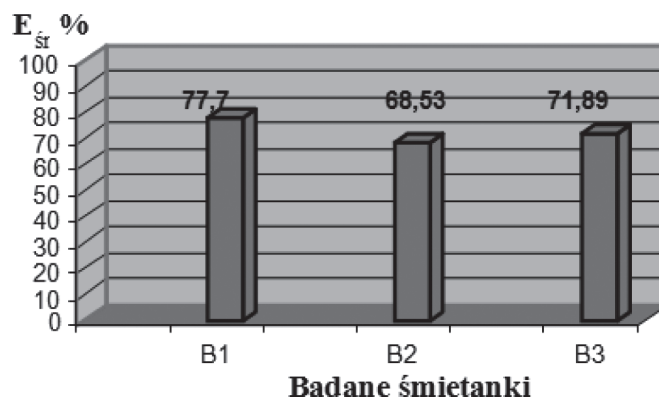


Rys. 3. Histogram średnich średnic kuleczek tłuszczowych w śmietance B2



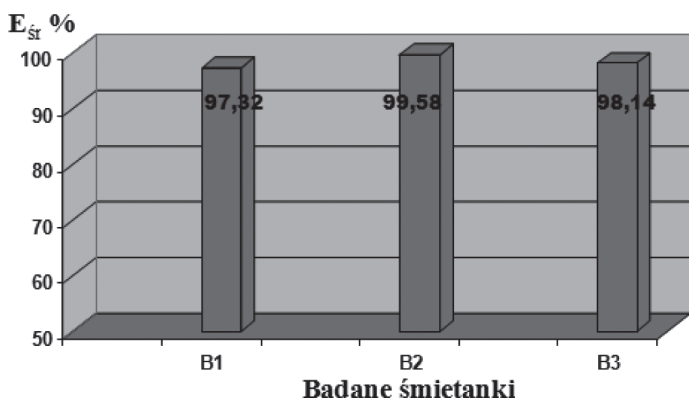
Rys. 4. Histogram średnich średnic kuleczek tłuszczowych w śmietance B3

Zestawienie wszystkich wyników otrzymanych podczas badań metodą mikroskopową przedstawiono na rys. 5. Średni efekt homogenizacji uzyskany podczas badań, które zostały wykonane w oparciu o PN w trzech powtórzeniach mieści się w przedziale od 68 do 78%. Najlepszy efekt homogenizacji został osiągnięty dla śmietanki B1 i wyniósł  $E_{sr} = 77,70\%$ , natomiast najmniejszy efekt homogenizacji uzyskała śmietanka B2 czyli  $E_{sr} = 68,53$ .



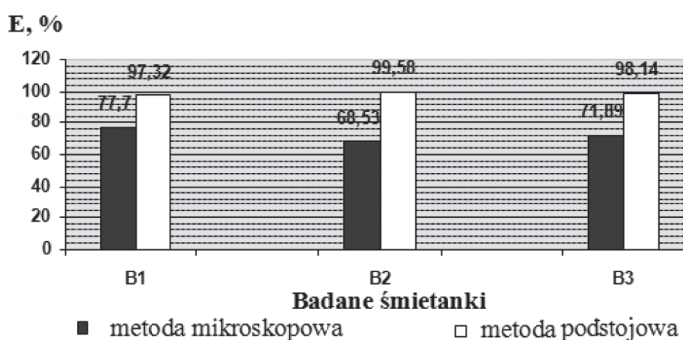
Rys. 5. Metoda mikroskopowa pomiaru efektu homogenizacji śmietanek B1, B2, B3

Zestawienie wyników uzyskanego efektu homogenizacji dla wszystkich śmietanek według metody postojowej pokazano na rys. 6. W przypadku metody postojowej wartości oznaczonego efektu homogenizacji wahały się w granicach od 97,32 do 99,58%.



Rys. 6. Metoda postojowa pomiaru efektu homogenizacji śmietanek B1, B2, B3

Najlepszy efekt homogenizacji wynoszący  $E_{sr} = 99,58\%$  uzyskała śmietanka B2 o zawartości tłuszczu 18%. Wynik ten świadczy o bardzo wysokiej jakości śmietanki pod względem braku tendencji do podstawiania się oraz rozwarstwiania podczas przechowywania w temperaturze chłodniczej.



Rys. 7. Efekt homogenizacji – porównanie wyników metody mikroskopowej z wynikami metody postojowej

Na rys. 7 przedstawiono porównanie wyników uzyskanych podczas przeprowadzania badań metodą mikroskopową oraz metodą postojową.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartości efektu homogenizacji uzyskane różnymi metodami podczas oznaczania tych samych śmietanek UHT o zawartości tłuszczu 18%, różnią się między sobą nawet o 30%.

Metoda mikroskopowa wg analizy statystycznej charakteryzuje się dużo większą zmiennością uzyskiwanych wyników. Wyznaczone wg tej metody średnie efekty homogenizacji nie spełniały wymagań normy PN-75/A-86059, która za prawidłowy uznaje efekt homogenizacji o wartości  $E \geq 85\%$ .

Efekty homogenizacji śmietanek UHT uzyskane metodą postojową dla wszystkich śmietanek były znacznie wyższe niż wartości wyznaczone metodą mikroskopową.

Wszystkie wyniki uzyskane metodą postojową mieszczą się w granicach normy, która za prawidłowy efekt homogenizacji dla metody postojowej uznaje  $E \geq 90\%$ .

## LITERATURA

- Jurczak M. 2005. *Mleko – produkcja, badanie, przerób*. Wyd. 5. SGGW
- Komsta H. 2006. Badanie sprawności energetycznej układu napędowego homogenizatora ciśnieniowego. *Inż. Roln.*, nr 12, 2006, 243-251
- Komsta H. 2008. Homogenizacja wysokociśnieniowa i ultradźwiękowa. Część I. *Przem. Spoż.* nr 6, 32-46
- Komsta H. 2008. *Homogenizacja wysokociśnieniowa i ultradźwiękowa. Część II*. *Przem. Spoż.*, nr 08, 94-98
- Komsta H. Opielak M. 2000. *Energetyczne aspekty homogenizacji ciśnieniowej mleka*. Materiały XIX Konferencji Naukowo-Technicznej: Problemy gospodarki energią i środowiskiem w mleczarstwie, Licheń, 4-6 września
- Kowalik K., Olszewski K., Sykut B. 2007. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do oceny skuteczności homogenizacji śmietanki UHT. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, nr 2, 30-33
- Popko H. Popko R. 2000. Badanie wpływu ciśnienia homogenizacji na mikrostrukturę faz mleka i śmietanki. *Zesz. Nauk. Mechanika* nr 60, Pol. Opolska, 254, 291-294
- Popko R. 2002. *Maszyny przemysłu spożywczego. Ćwiczenia Laboratoryjne z Technologii Ogólnej Przemysłu Spożywczego* Wyd. Pol. Lubelskiej, Lublin
- Lewicki P. i in. 2005. *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. wyd. 4. WNT, Warszawa

## CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE

# INŻYNIERIA I APARATURA CHEMICZNA

ukazuje się od 1961 roku

Czasopismo jest poświęcone problemom obliczeń procesowych i zagadnieniom projektowo-konstrukcyjnym aparatury i urządzeń stosowanych w przemysłach przetwórczych, w tym szczególnie w przemyśle chemicznym, petrochemicznym, rolno-spożywczym, jak również w energetyce, gospodarce komunalnej i w ochronie środowiska.

Przeznaczone jest zarówno dla pracowników badawczych, projektantów, konstruktorów, jak i dla menadżerów oraz inżynierów ruchowych.

W czasopiśmie publikowane są artykuły o szerokim spektrum tematycznym, obejmującym problematykę procesów i operacji jednostkowych inżynierii chemicznej, bio- i nanotechnologie, inżynierię biomedyczną, recykling, bezpieczeństwo procesowe oraz obliczenia i projektowanie aparatów w aspekcie poprawy wydajności, lepszego wykorzystania surowców, oszczędności energii i ochrony środowiska.