

## IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW ODDZIAŁUJĄCYCH NA PROCES HOMOGENIZACJI I JAKOŚĆ PRODUKTU EMULSYJNEGO

Magdalena PAŹDZIÓR

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Materiałoznawstwa, Technologii  
i Wzornictwa; m.pazdzior@uthrad.pl;

**Streszczenie:** Produkty emulsyjne znajdują szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Jakość produktów wytwarzanych na bazie emulsji zależy istotnie od stopnia ich stabilności. Otrzymanie niezmiennych w czasie emulsji jest procesem trudnym do realizacji, zależnym od szeregu czynników. Mimo szeregu publikacji w tym zakresie dotychczas brak jest opracowania uniwersalnego zestawu parametrów modelujących stabilność produktu emulsyjnego. Celem artykułu jest zbadanie jakie czynniki należy uwzględnić przy projektowaniu procesu homogenizacji oraz ich systematyka i wskazanie wzajemnych powiązań. W wyniku przeprowadzonych badań zdiagnozowano przyczyny główne i częściowe stanowiące źródło ewentualnych błędów, skutkujących otrzymaniem niestabilnej emulsji tłuszczowej. Analiza umożliwiła określenie istotnych niezgodności, których usunięcie lub ograniczenie przełoży się na jakość produktu emulsyjnego oraz poziom spełnienia wymagań odbiorców.

**Słowa kluczowe:** jakość, diagram Ischikawy, homogenizacja, emulsje.

## IDENTIFICATION OF FACTORS AFFECTING THE HOMOGENIZATION PROCESS AND QUALITY OF THE EMULSION PRODUCT

**Abstract:** Emulsion products are widely used in various branches of industry. The quality of products based on emulsions depends significantly on the degree of their stability. Obtaining an emulsion unchanging in time is a difficult process to implement. It is depending on a number of factors. Despite many publications in this area so far, there is no development of a universal set of parameters that model stability of the emulsion product. The aim of the article is to examine what factors should be taken into account in designing the homogenization process and their systematics and indication of mutual connections. As a result of the research, the main and partial causes were diagnosed as a source of possible errors resulting in the unstable fatty emulsion. The analysis made it possible to identify significant nonconformities, the removal or limitation of which will translate into the quality of the emulsion product and the level of meeting the recipients' requirements.

**Keywords:** quality, Ishikawa diagram, homogenization, fat emulsions.

## 1. Wprowadzenie

Jakość produktów i usług jest funkcją wielu zmiennych i wypadkową różnorodnych czynników natury technicznej, ekonomicznej, psychologicznej i organizacyjnej (Żuchowski, 1999). Jakość jest określana różnie w zależności od poglądów podmiotu definiującego oraz potrzeb organizacji (Lotko, i Lotko, 2016). W literaturze przedmiotu funkcjonuje szereg opracowań i analiz z zakresu definiowania jakości oraz systematyzacji definicji jakości według różnych kategorii. Znalezienie jednoznacznego kryterium porządkującego zakres pojęcia jakość w kontekście produktów i usług wydaje się praktycznie niemożliwe (Lotko, 2009; Roszak, 2014). Bezwzględnie za uniwersalne podejście należałoby jednak uznać normatywną definicję jakości jako stopnia inherentnych cech obiektu (rozumianych jako istniejących w obiekcie) spełniających wymagania (obowiązkowe lub takie, których trzeba się domyślić) (PN EN ISO 9000, 2015). Warunek spełnienia oczekiwanych potrzeb, zadeklarowanych przez organizację, stał się nieodzownym elementem rozgrywek w obszarze konkurencyjności rynku produktów i usług. Za kluczowy czynnik podnoszenia przewagi konkurencyjnej i rozwoju uznawane są innowacje w kontekście różnego typu rozważań dotyczących rozwoju przedsiębiorstw oraz podnoszenia poziomu przewagi konkurencyjnej (Rachwał, Sędek-Mazgaj, i Wolniak, 2017).

Doskonalenie jakości produktów i usług wpisuje się w innowacje produktowe i procesowe ukierunkowane na spełnienie wymagań klientów. Zastosowanie odpowiednich metod i technik z zakresu instrumentarium zarządzania jakością wspomaga dostosowanie do oczekiwań odbiorców produktu czy usługi właściwie w każdym etapie cyklu jego życia. Mając na uwadze istotną rolę stosowania instrumentów zarządzania jakością w systematycznym doskonaleniu jakości, a szczególnie na etapie projektowania produktów, w niniejszym opracowaniu zaprezentowano możliwość implementacji metody kojarzenia i grupowania dla potrzeb identyfikacji zagrożeń osiągnięcia zaplanowanego poziomu jakości finalnej produktów wytwarzanych na bazie emulsji tłuszczowych.

Emulsje są układami dyspersyjnymi dwóch niemieszających się ze sobą cieczy. Z punktu widzenia termodynamiki stanowią układ niestabilny, charakteryzujący się dużą powierzchnią międzyfazową. Część z nich to produkty naturalne, a część sztucznie wytworzone w procesie homogenizacji. Z powodu obecności w emulsji dwóch cieczy o różnej polarności są to układy nietrwałe, które wraz z upływem czasu mogą ulec destabilizacji (Friberg, Larsson, and Sjöblom, 2004). Po ich połączeniu na skutek obniżenia entalpii swobodnej cieczy zdyspergowanej następuje bardzo szybko proces rozdziału i dlatego emulsje wymagają dostarczenia do układu pewnej ilości energii oraz zastosowania odpowiednich emulgatorów (ważny segment ZPC – związków powierzchniowo czynnych, w literaturze spotkane również pod terminem tenzydy lub surfaktanty). Procesy otrzymywania emulsji, niezależnie od ich przeznaczenia, bazują na podobnych mechanizmach przemian lecz zróżnicowanej skali.

Jakość emulsji jest efektem szeregu czynników, ale też determinuje jakość produktów emulsyjnych. W zależności od zastosowanych składników emulsje znajdują szerokie zastosowanie m.in. w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym i chemicznym (farbiarski, papierniczy, garbarski, paliwowy, drogowy) (Marzec, 2005; Fink, 2007; Syrek, i Antosz, 2011; Jasiński, 2012; McClements, 2015).

Celem artykułu była identyfikacja czynników, które mają znaczący wpływ na kształtowanie jakości produktu emulsyjnego zawierającego emulsje tłuszczowe oraz ich systematyka i wskazanie wzajemnych powiązań dla kluczowego etapu wytwarzania, tj. procesu homogenizacji. Jako metodę badania przyczyn niestabilności zastosowano metodę ekspercką, natomiast jako narzędzie kojarzenia i grupowania zidentyfikowanych czynników zastosowano diagram przyczynowo-skutkowy.

## **2. Stabilność emulsji tłuszczowych – problem badawczy**

Istotną rolą każdego procesu wytwórczego jest wytworzenie produktu finalnego zgodnego z oczekiwaniami klientów oraz takiego by jego parametry były niezmiennie w czasie. W przypadku produktów wytwarzanych na bazie emulsji zadanie to jest szczególnie złożone. Niestabilność emulsji rzutuje na odchylenia parametrów produktu od pożądanych cech i ich zamierzonych końcowych wartości. Uzyskanie w procesie homogenizacji stabilnej emulsji tłuszczowej jest wyzwaniem istotnie wynikającym z faktu, że jest to układ rozproszony dwóch cieczy nierozpuszczających się wzajemnie w sobie (Chanamai, i McClements, 2000).

Dotychczasowe publikacje dotyczące zagadnień stabilności emulsji oraz trwałości produktów wytwarzanych na ich bazie obejmują wybiórczo problemy, nie wiążąc je w systemową całość. Wynika to z faktu, że badaczami problemu są chemicy i jako tacy jakość emulsji modelują składem czy ukierunkowaniem i warunkami reakcji chemicznych (McClements, 2015). Takie zawężenie problemu powoduje brak wypracowanego uniwersalnego zestawu cech jakości procesu wytwarzania emulsji, uwzględniającego również zestaw parametrów zewnętrznych, które mają negatywny wpływ na stabilność emulsji. Systematyzacja czynników modelujących jakość emulsji, uwzględniająca nie tylko elementy związane z doбором substratów i chemicznym przebiegiem procesu przyczyni się do uzyskania stabilnego produktu. Zastosowanie i dostosowanie do tego typu analizy metody stosowanej przez badaczy związanych z zarządzaniem jakością produktów daje możliwość szerszego i kompleksowego spojrzenia na problematykę stabilnego produktu emulsyjnego. Narzędzie należące do grupy kojarzenia i grupowania, jest stosowane przez badaczy do rozwiązywania problemów kształtowania jakości różnych wyrobów i procesów (Wolniak, i Skotnicka-Zasadzień, 2010; Kowalska, i Paździor, 2015; Szczucka-Lasota, Wolniak, and Fryc, 2017). W literaturze spotykane są różne koncepcje stosowania diagramu Ishikawy.

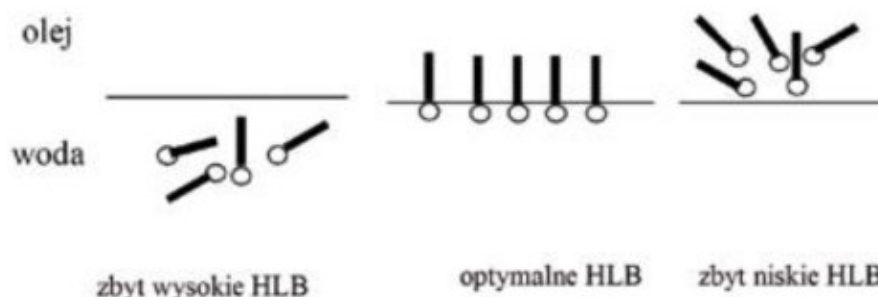
Koncepcje te odnoszą się do metody identyfikacji grup przyczyn a także identyfikacji przyczyn szczegółowych (Szczęśniak, Zasadzień, i Wapiennik, 2012). Stosowane są trzy główne układy diagramu przyczynowo-skutkowego:

- przedmiotowy – gdy analizowany skutek zły jakości produktu związany jest z aspektem technicznym i organizacyjnym,
- technologiczny – obejmujący przyczyny wystąpienia wad w produktach rozpatrywane na podstawie realizowanych procesów technologicznych (układ diagramu pokrywa się wtedy z wykazem operacji procesu technologicznego),
- czynników uczestniczących – stosować można na każdym etapie cyklu życia produktu, a obok kategorii stałych (5M) można również je modyfikować i dobierać w zależności od specyfiki problemu badawczego (Szczepańska, 2009).

Zidentyfikowanie przyczyn niestabilności emulsji należy do złożonych problemów, których pomiar ilościowy jest trudny i w dla niektórych czynników niemożliwy. Destabilizacja emulsji to złożony proces uwarunkowany szeregiem czynników a szczególnie składem, mikrostrukturą ale także warunkami wytwarzania i przechowywania emulsji. Stabilność emulsji zależy od szeregu parametrów oraz przebiegu procesu homogenizacji polegającej na intensywnym mieszaniu cieczy w skutek czego fazy podlegają rozbiciu na coraz mniejsze krople (Kowalska, i Żbikowska, 2013). Właściwie poprowadzona homogenizacja zwiększa ujednorodnienie struktury emulsji oraz pozwala na uzyskanie stabilnego układu. Przeprowadzana jest przy zastosowaniu urządzeń mechanicznych – homogenizatorów (Gilewicz, i in., 2012; Sykut, i in., 2013). Fazę zdyspergowaną stanowi ciecz rozproszona a ciecz rozpraszająca jest fazą dyspergującą. Obie te fazy dzieli tzw. powierzchnia międzyfazowa – graniczna. Stabilna emulsja może powstać dopiero po obniżeniu napięcia międzyfazowego na skutek zaadsorbowania na granicy faz substancji powierzchniowo czynnej. Dlatego wytworzenie trwałej emulsji wymaga aplikacji odpowiedniego emulgatora. Dodatkowo, aby otrzymać stabilną emulsję do układu dodawane są substancje modyfikujące lepkość układu – zagęstniki (Khan, i in., 2011; Tadros, 2009). Emulgator absorbując się na miejscu styku faz tworzy cienką warstwę ochraniającą hydrofilowe cząsteczki wody przed hydrofobowymi cząsteczkami olejowymi co zapobiega agregacji (Sikora, 2014). Grupa hydrofobowa emulgatora wnika w fazę olejową, natomiast hydrofilowa w fazę wodną. Emulgatorem jest każdy składnik, który może być stosowany w celu zwiększenia stabilności kinetycznej emulsji. Większość emulgatorów to cząsteczki amfifilowe mające polarne i niepolarne regiony na tej samej cząsteczce (McClements, 2015). W ich skład wchodzi:

- niepolarny, reszty alkiloaromatyczne lub hydrofobowy człon o powinowactwie do oleju, na ogół długi, prostoliniowy, bywa że rozgałęziony łańcuch węglowodorowy o 8 do 18 atomów węgla,
- polarny, hydrofilowy o powinowactwie do wody, np. grupa: oksyetylenowa, hydroksylowa, karboksylowa, sulfonowa, siarczanowa (Stauffer, 2001).

Stosunek pomiędzy częścią hydrofilową i hydrofobową emulgatora określa stała HLB, (Hydrophilic-Liophilic Balance), a jej wartość decyduje o zastosowaniu tych substancji w poszczególnych rodzajach emulsji. Na rysunku 1 zaprezentowano schemat działania emulgatora o optymalnym HLB.



**Rysunek 1.** Schemat działania emulgatora w zależności od wartości HLB (grupa hydrofobowa – ogon, grupa hydrofilowa – głowa). Źródło: „Emulgator – nieodzowny składnik efektywnych preparatów kosmetycznych”, M. Sikora. W: Świat Przemysłu Kosmetycznego, 2014, 4, 30.

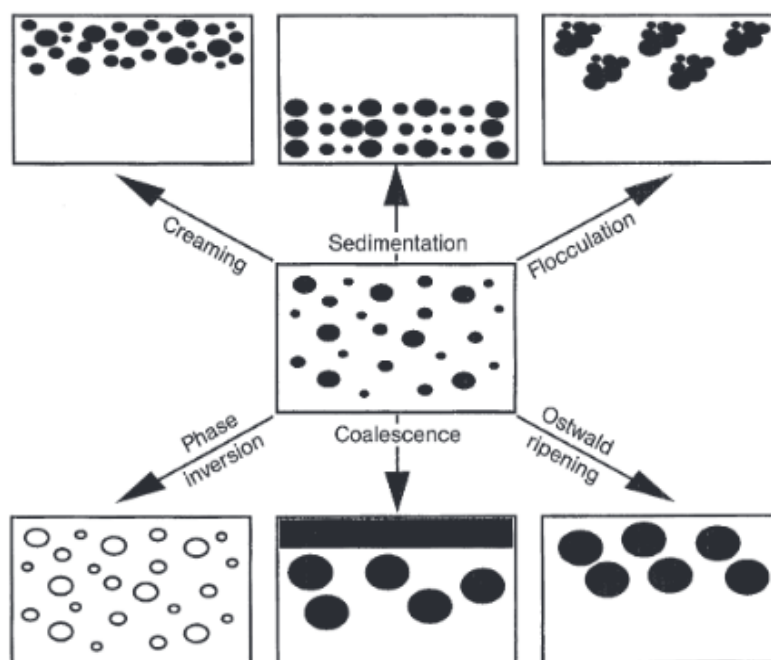
Dobry emulgator powinien m.in.:

- zapobiegać zjawisku inwersji,
- zapewniać korzystne rozdrobnienie cząsteczek fazy rozproszonej oraz pożądaną lepkość układu emulsyjnego,
- być bezzapachowy, nietoksyczny, nieaktywny w stosunku do składników emulsji,
- zapewniać stabilność emulsji (Kowalska, i in., 2014).

Emulsja może ulec rozkładowi w wyniku zmian fizycznych (zmiany w względne położenie jego składników) lub zmian chemicznych (zmiany w chemii jego składników). Procesy niestabilności emulsji pod względem mechanizmów fizykochemicznych można podzielić na dwie grupy:

- odwracalne – śmietankowanie, sedymentacja i flokulacja,
- nieodwracalne – inwersja faz, koalescencja i dojrzewanie Oswaldowskie (Kowalska, Żbikowska, i Górecka, 2011).

Zwykle konieczne jest ustalenie, który z tych mechanizmów jest ważny w danym przypadku dla rozważanego systemu. Następnie możliwe jest opracowanie efektywnych strategii w celu poprawy stabilności układu a tym samym jakości produktu (Tadros, 2009; McClements, 2015). Najczęstsze mechanizmy fizyczne odpowiedzialne za niestabilność emulsji pokazano schematycznie na rysunku 2.



**Rysunek 2.** Schemat najczęstszych procesów rozpadu emulsji. Źródło: Tadros, T.F. (2009). *Emulsion Science and Technology: A General Introduction*. W: T.F. Tadros (ed.), *Emulsion Science and Technology* (1-56). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Termin „stabilność emulsji” jest szeroko stosowany do opisanie zdolności emulsji do przeciwdziałania zmianom ich właściwości w czasie i jest to jeden z głównych parametrów charakteryzujących układy emulsyjne. Stabilna emulsja wykazuje brak zmian w jej wyglądzie, zabawieniu, właściwościach, smaku oraz zapachu. Jednymi z ważniejszych parametrów warunkujących stabilność emulsji jest rozmiar i dystrybucja cząstek fazy rozproszonej oraz ich koncentracja. Niejednokrotnie cechy emulsji zależą od wielkości cząsteczek tłuszczu (Kowalska, Żbikowska, i Górecka, 2011; Kowalska, i in., 2014). Innymi, równie ważnymi parametrami mającymi wpływ na stabilność emulsji są: lepkość i gęstość fazy ciągłej, ciężar właściwy poszczególnych cząstek faz, stosunek fazy wodnej do olejowej, napięcie międzyfazowe, ciśnienie osmotyczne, a także pH i temperatura. Kluczowe znaczenie na jakość emulsji ma skład recepturowy emulsji, a szczególnie ilość i rodzaj użytego emulgatora i modyfikatora lepkości (Huang, Kakuda, i Cui, 2001). Nie bez znaczenia na otrzymanie trwałej emulsji są parametry procesu. Odpowiednio dobrany czas homogenizacji oraz ilość obrotów końcówki i typ homogenizatora wpływa na powierzchnię międzyfazową. Wraz ze wzrostem temperatury parametry takie jak lepkość i napięcie powierzchniowe zmniejszają się i dlatego dobór właściwej temperatury umożliwia emulgowanie (Kowalska, i in., 2014). W tabelach 1 oraz 2 zestawiono ogólnie sformułowane czynniki, które należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu procesu homogenizacji.

**Tabela 1.***Czynniki sterowalne i niesterowalne działające na wyrób i proces homogenizacji*

Wyrób	Proces
<b>czynniki sterowalne</b>	
Czynniki dobierane przez projektanta produktu: – dobór tłuszczów, – kompozycja tłuszczów natywnych, – dobór dodatkowych substancji odpowiedzialnych za wybrane cechy produktu, – stosunek fazy wodnej do tłuszczowej.	Czynniki dobierane przez technologa: – urządzenie stosowane w procesie, – parametry prowadzenia procesu, – kolejność dozowania składników, – parametry dozowania składników, – monitoring poszczególnych etapów wytwarzania emulsji tłuszczowej.
<b>czynniki niesterowalne (lub sterowalne w ograniczonym zakresie)</b>	
Właściwości użytych surowców zależne od: – składu kwasów tłuszczowych, – pochodzenia tłuszczów stałych (płci, chowu, żywienia, klimatu, rasy, wieku zwierzęcia), – pochodzenia olejów roślinnych z (klimat, warunki glebowe, modyfikacje genetyczne, użycie środków ochrony roślin). Właściwości składników emulsji zależne od: – producenta, – warunków transportu i przechowywania (temp, wilgotność), – terminu przydatności, – postaci (np. granulaty, proszek, ciecz).	Kwalifikacje osoby realizującej proces. Kwalifikacje osoby planującej proces. Rodzaj i typ homogenizatora. Możliwości technologiczne urządzenia (moc, wydajność, parametry techniczne). Sprawność urządzenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: „Zarządzanie jakością z przykładami”, A. Hamrol. (2008), Warszawa: PWN.

**Tabela 2.***Czynniki zakłócające działające na wyrób i proces homogenizacji*

<b>Czynniki zakłócające zewnątrznie</b>	
Wahania parametrów otoczenia. Działanie światła. Powinowactwo do opakowania. Dopasowanie procedury wytwarzania do specyfikacji surowca.	Zmienność/niejednorodność właściwości surowców. Wrażliwość surowców na warunki otoczenia. Straty technologiczne. Przerwy w zasilaniu, zmiany napięcia.
<b>Czynniki zakłócające wewnątrznie</b>	
Nieprawidłowości w doborze faz i składników w nich występujących. Procesy destabilizacji. Starzenie, zmiany oksydacyjne surowców.	Zużycie urządzenia. Niewłaściwa dobrana końcówka homogenizatora. Precyzja ustawienia parametrów procesu. Efektywność procesu. Przerwy w dostępie prądu. Niestabilność parametrów homogenizacji podczas procesu (zmienność np. intensywności obrotów podczas homogenizacji).

Źródło: opracowanie własne na podstawie: „Zarządzanie jakością z przykładami”, A. Hamrol. (2008), Warszawa: PWN.

Zidentyfikowane czynniki sklasyfikowano pod względem możliwości wpływu jako:

- sterowalne (mogą być celowo nastawiane lub zmieniane),
- niesterowalne bądź sterowalne w ograniczonym zakresie,
- zakłócające: o charakterze zakłóceń zewnętrznych (odnoszą się do czynników otoczenia i warunków prowadzenia procesu) oraz zakłóceń wewnętrznych (odnoszą się do zmniejszenia zdolności jakościowej procesu (Hamrol, 2009).

### 3. Metody badania

Do grupowania czynników mających wpływ na ostateczny wynik analizowanego etapu procesu tworzenia emulsji, tj. homogenizacji zastosowano technikę opartą na idei diagramu Ischikawy. Podstawowym założeniem tej metody jest fakt, że dany skutek wywołany jest przez zbiór czynników. W badaniu zastosowano metodę ekspercką, opartą o celowy dobór osób. Każdy respondent był ekspertem w tej dziedzinie, o dużej wiedzy, a co również istotne osobą umiejącą uzasadnić swoje pomysły. Eksperci posiadali również doświadczenie w tematyce będącej przedmiotem badania. Zebranie dużej grupy ekspertów wystarczająco kompetentnych ze względu na specyfikę problemu było stosunkowo problematyczne. W niniejszym badaniu wzięło udział siedmiu ekspertów. Uznano tę liczebność panelu za wystarczającą ponieważ w podobnych realizowanych w Polsce o wąskim zakresie tematycznym badaniach zdarzało się, że w niektórych panelach tematycznych uczestniczyło tylko kilku ekspertów (Wójciak, 2015). W celu sformułowania jednoznacznych sądów dążono do uzyskania zgodności odpowiedzi ekspertów. Przy tworzeniu diagramu przyczynowo-skutkowego przyjęto następującą kolejność realizacji zadań:

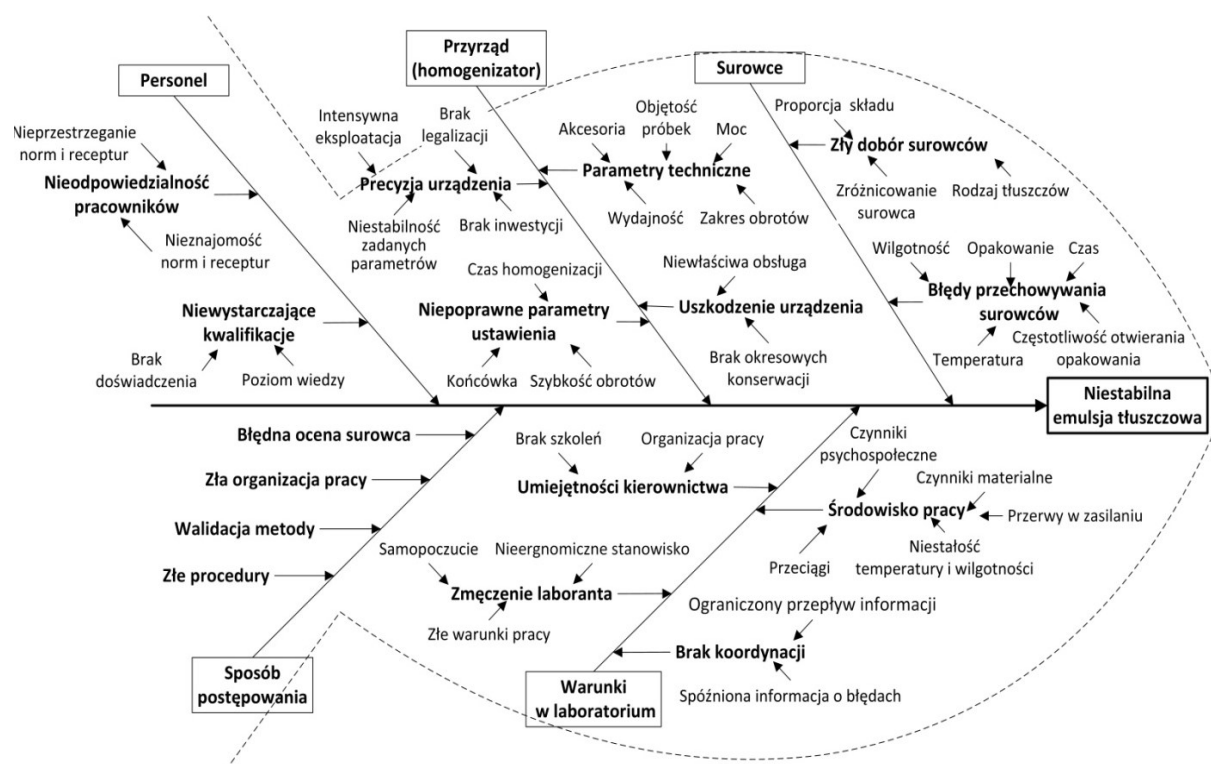
- precyzyjne zdefiniowanie skutku (problemu badawczego),
- zdefiniowanie kategorii możliwych przyczyn,
- rozrysowanie szkieletu – umieszczenie głównych kategorii problemu jako dopływów i określenie problemu,
- dyskusja panelowa i przemyślenie problemu,
- zidentyfikowanie pięciu głównych przyczyn, które prawdopodobnie mają największy wpływ na analizowany skutek,
- dokonanie dekompozycji czynników, tworzenie kolejnych rozgałęzień diagramu,
- skonstruowanie diagramu,
- stwierdzenie kompletności wymienionych czynników wpływających na wynik procesu homogenizacji (na zasadzie konsensusu).

Bazując na zidentyfikowanych w tabelach 1 oraz 2 czynnikach wpływających w różnym stopniu na przebieg i jakość homogenizacji w ramach panelu ekspertów sklasyfikowano je w pięciu kategoriach głównych – przyczynach, które istotnie mogą zaburzyć wytwarzanie emulsji. Jako problem badawczy, a jednocześnie niepożądany efekt procesu homogenizacji uznano uzyskanie niestabilnej emulsji.



## 4. Wyniki badania

W wyniku przeprowadzonej analizy zdiagnozowanych przyczyn niestabilności emulsji tłuszczowej i grupowaniu ich w kategorie przyczyn głównych i podprzyczyn skonstruowano diagram przyczynowo-skutkowy. Na rysunku 3 zaprezentowano wykres obejmujący zestaw czynników kształtujących stabilność emulsji.



**Rysunek 3.** Diagram Ishikawy – zbiór czynników mających w pływ na proces homogenizacji i stabilność emulsji tłuszczowej. Źródło: badania własne.

Główne powody niestabilności emulsji sklasyfikowano w pięciu obszarach: maszyna (homogenizator), metoda (sposób postępowania), człowiek (personel), środowisko (warunki w laboratorium) i surowce. W odniesieniu do klasycznego układu diagramu 5M ze względu na specyfikę analizowanego problemu, elementy z obszaru „zarządzanie” włączono jako czynniki cząstkowe do wymienionych kategorii. Jako kluczowy obszar zagadnienia uznano dodatkowo „surowce”. W tym obszarze za czynniki główne uznano elementy związane z doбором surowców oraz ich przechowywaniem zarówno w etapie przygotowania eksperymentu jak i w czasie jego przebiegu. Zwrócono tu uwagę na istotny aspekt zagrażający jakości produktu emulsyjnego wynikającej z niestabilności emulsji, tj. złe przechowywanie surowców spowodowane nieodpowiednio dobranym opakowaniem czy zbyt częstym jego otwieraniem. W kategorii „środowisko” za wrażliwe uznano skutki sytuacji właściwie nieprzewidywalnych, a związanych np. z nagłymi przerwami w zasilaniu, czy możliwością przeciągów wynikająca z grawitacyjnej wentylacji pomieszczenia.

Należy również zwrócić uwagę na fakt występowania powiązań i sprzężeń zwrotnych w zakresie zdiagnozowanych czynników. Zaburzenie jednego elementu może skutkować konsekwencjami w obszarze pozostałych kategorii.

Przeprowadzona analiza Ishikawy wykazała stosunkowo dużą liczbę zmiennych, które mogą wpłynąć na zdiagnozowany problem. Uświadomienie tego szerokiego spektrum wpływu pozwoli na zaplanowanie i podjęcie działań zapobiegawczych oraz ograniczających ryzyko zagrożenia jakości produktu i skuteczny przebieg procesu. Wyniki badań będą wykorzystane w planowaniu warunków eksperymentów do eliminacji lub ograniczenia skutków błędów wynikających ze zdiagnozowanych czynników, zwłaszcza należących do grupy sterowalnych lub sterowalnych w ograniczonym zakresie, które są efektem błędów ludzkich. Również w kolejnych badaniach planowana jest zmiana urządzenia na homogenizator ultradźwiękowy, który teoretycznie wykazuje lepszą sprawność co zapewni poprawę efektywności procesu oraz ograniczy ilość zakłóceń pochodzących od tego źródła.

## 5. Posumowanie

Projektowanie i doskonalenie jakości produktu i procesu to złożony problem. Na podstawie przeprowadzonego badania i analizy wyników ustalono szeroki zestaw możliwych przyczyn rozważanego problemu oraz powiązań między nimi. Zdiagnozowane obszary należy uznać za wrażliwe w procesie doskonalenia jakości produktów emulsyjnych.

Producenci mają do dyspozycji szereg instrumentów zarządzania jakością. W pracy wykazano możliwość zastosowania w tego typu analizach jednego z narzędzi kojarzenia i grupowania, tj. diagramu Ishikawy, co pozwoliło na systemowe ujęcie i uporządkowanie czynników powodujących określony, niepożądany skutek. Opracowanie w formie diagramu zbioru czynników oraz przeprowadzona analiza przyczyn ujawniającego się problemu niestabilności emulsji, obniżającego jakość produktów emulsyjnych, pozwoliła na identyfikację jego kluczowych zakłóceń oraz wskazała miejsca szczególnego monitoringu i doskonalenia. Ponadto potwierdziła zasadność zastosowania tego rodzaju narzędzia wspomagającego zarządzanie jakością w doskonaleniu jakości produktów zawierających emulsje tłuszczowe oraz w opracowaniu innowacyjnych produktów emulsyjnych, co również daje szansę na realizację dążeń producentów do dostarczenia konsumentom wyrobów spełniających ich wymagania.

## Bibliografia

1. Chanamai, R., and McClements, D.J. (2000). Creaming stability of flocculated monodisperse oil in water emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 225, 214-218.
2. Fink, E. (2007). *Kosmetyka. Przewodnik po substancjach czynnych i pomocniczych*. Wrocław: MedPharm.
3. Friberg, S.E., Larsson, K., and Sjöblom, J. (2004). *Food Emulsions*. New York: Marcel Dekker, Inc.
4. Gilewicz, P., Tal-Figiel, B., Figiel W., i Kwiecień, M. (2012). Nowoczesne rozwiązania w zakresie wytwarzania i kontroli jakości emulsji. *Czasopismo Techniczne*, 17, 25-40.
5. Hamrol, A. (2008). *Zarządzanie jakością z przykładami*. Warszawa: PWN.
6. Huang, X., Kakuda, Y., and Cui, W. (2001). Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloid*, 15(4-6), 533-542.
7. Jasiński, B. (2013). Badania nad zastosowaniem emulsji olejowo-wodnych jako cieczy roboczych o obniżonej gęstości. *Nafta-Gaz*, 12, 1155-1164.
8. Khan, B.A., Akhtar, N., Khan, H.M.S., Waseem, K., Mahmood, T., Rasul, A., and Khan, H. (2011). Basics of pharmaceutical emulsions: A review. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(25), 2715-2725.
9. Kowalska, M., i Paździor, M. (2015). Zastosowanie diagramu Ishikawy jako narzędzia doskonalenia jakości produktów spożywczych. *Postepy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 136-139.
10. Kowalska, M., i Żbikowska, A. (2013). Sposoby określania wielkości cząstek ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania metody rozpraszania światła laserowego w układach emulsyjnych. *Postepy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 100-105.
11. Kowalska, M., Żbikowska, A., i Górecka, A. (2011). Wpływ wybranych zagęstników na rozkład kropeł oleju w emulsjach niskotłuszczowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(77), 84-93.
12. Kowalska, M., Żbikowska, A., Śmiechowski, K., Marciniak-Łukasiak, K. (2014). Wpływ ilości lecytyny słonecznikowej i czasu homogenizacji na stabilność emulsji spożywczej zawierającej olej z orzechów włoskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(92), 78-91. doi: 10.15193/zntj/2014/92/078-091.
13. Lotko, A. (2009), *Ocena jakości usług w centrach kontaktu z klientem*. Warszawa: PWN.
14. Lotko, M., i Lotko, A. (2016). *Jakościowe kryteria doboru części zamiennych do samochodów osobowych*. Radom: ITE.
15. Marzec, A. (2005). *Chemia kosmetyków*. Toruń: Dom Organizatora.
16. McClements, D.J. (2015). *Food Emulsions. Principles, Practices, and Techniques*. Boca Raton: CRC Press.

17. PN EN ISO 9000. (2015). *Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia*. Warszawa: PKN.
18. Rachwał, A., Sędek-Mazgaj, A., i Wolniak, R. (2017). Wymagania nowej normy PN EN ISO 9001:2015 a realizacja procesu spawalniczego. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 108, 363-372. doi: 10.29119/1641-3466.2017.108.32.
19. Roszak, M.T. (2014). *Zarządzanie jakością w praktyce inżynierskiej*. <http://www.openaccesslibrary.com/vol31/1.pdf>.
20. Sikora, M. (2014). Emulgator – nieodzowny składnik efektywnych preparatów kosmetycznych. *Świat Przemysłu Kosmetycznego*, 4, 28-35.
21. Stauffer, C.E. (2001). *Emulgatory*. Warszawa: WNT.
22. Sykut, B., Kowalik, K., Opielak, M., Tomporowski, A., i Góra A. (2013). Badanie efektu homogenizacji produktów spożywczych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 52(2), 86.
23. Syrek, H., i Antosz, A. (2011). Emulsje woskowe – innowacyjne produkty, innowacyjne technologie wytwarzania. *Nafta-Gaz*, 9, 674-682.
24. Szczepańska, K. (2009). *Metody i techniki TQM*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
25. Szczęśniak, B., Zasadzień, M., i Wapiennik Ł. (2012). Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, 125-147.
26. Szczucka-Lasota, B., Wolniak, R., and Fryc, M. (2017). The identification of incompatibility in the process of laser cutting of the semi-finding, *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 429-438. doi: 10.29119/1641-3466.2017.105.32.
27. Tadros, T.F. (2009). Emulsion Science and Technology: A General Introduction. In T.F. Tadros (ed.), *Emulsion Science and Technology* (pp. 1-56). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
28. Wójciak, M. (2015). Metody oceny zgodności opinii ekspertów na potrzeby badania foresight. *Studia Ekonomiczne. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, 220, 58-77.
29. Wolniak, R., i Skotnicka-Zasadzień, B. (2010). *Zarządzanie jakością dla inżynierów*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
30. Żuchowski, J. (1999). *Jakość i ekologia wyrobów*. Radom: Politechnika Radomska.