

Prof. dr hab. Andrzej Babuchowski  
Ul. Ariadny 1  
11-036 Naterki

Olsztyn 25.04.2022 r.

**Prof. dr hab. Iwona Konopka**  
**Przewodnicząca Rady Naukowej**  
**Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia**  
**Wydziału Nauki o Żywności**  
**10-726 Olsztyn,**  
**Plac Cieszyński 1**

**Opinia o pracy dysercyjnej Pani Mgr inż. Adriany Bomba „*Czynniki Wpływające na Stabilność Emulsji Mlecznych Typu O/W*”**

Praca Pani Mgr inż. Adriany Bomba zatytułowana *Czynniki Wpływające na Stabilność Emulsji Mlecznych Typu O/W*” liczy 244 strony (łącznie z załącznikami) oraz zawiera 44 tabele oraz 33 rysunki i wykresy w tekście, jak również 27 tabel w Załącznikach. W pracy wykorzystano informacje zawarte w 164 publikacjach, w tym 159 to publikacje obcojęzyczne. Spośród cytowanych prac, 60 ma 10 lub mniej lat. Praca podzielona jest na 8 rozdziałów.

Zagadnienia związane z badaniem przydatności mleka do wyrobu płynnych produktów mlecznych nie są obecnie obszernie badane, jakkolwiek będą zyskiwały na znaczeniu wraz z postępującą koncentracją produkcji i przetwarzania mleka oraz wydłużenia kanałów dystrybucji. Przetwórcom mleka zależy bowiem, aby ich produkty płynne miały jak najdłuższą trwałość bez pogorszenia cech jakościowych. Dlatego coraz bardziej przyglądają się surowcowi z którego wytwarzają produkty, w nim widząc możliwości poprawy ich jakości, wydłużenia trwałości, zaspokojenia wymagań konsumentów, a co za tym idzie zwiększenia zysków. Jest pewne powszechne przekonanie, że w doskonaleniu istniejących technologii nie można już wiele osiągnąć.

Problemem z jakim mierzą się naukowcy pragnący rozwiązać sprawę jakości i przydatności surowca do produkcji jest fakt, że mimo stosunkowo dużej ilości publikacji na ten temat nie można odnieść ich do wspólnego mianownika, a co za tym idzie są to często prace przyczynkowe.

W części, rozwiązania tego problemu, podjęła się Doktorantka w swojej dysertacji badając wpływ wybranych parametrów obróbki technologicznej w warunkach przemysłowych na zmianę składu i stabilności mleka w czasie przechowywania; badania różnicy składu i stabilności różnych rodzajów mleka płynnego w zależności od sezonu oraz mechanizmu destabilizacji emulsji mlecznych typu o/w oraz oceny przydatności wybranych metodyk do śledzenia zmian stabilności emulsji.

W swoich badaniach Doktorantka opierała się na mleku z okresu wiosenno-letniego (mleko letnie) oraz jesienno-zimowego (mleko zimowe), a badania koncentrowały się na składniku mleka będącym w fazie rozproszonej, czyli kuleczkach tłuszczowych.



Materiałem badawczym było mleko surowe oraz próbki mleka pobrane na różnym etapie procesu technologicznego z trzech źródeł (A, B, C) i czterech linii przemysłowych, w tym produkty końcowe: mleka ESL i UHT. Próbki te po odpowiednim zakonserwowaniu przechowywano w temp. 4°C przez okres 2 miesiące (mleko surowe, standaryzowane i homogenizowane ESL) lub 6 miesięcy (mleko homogenizowane UHT). Próbki te porównywano z próbkami mleka komercyjnego przechowywanego w opakowaniach handlowych przez pełen okres przydatności do spożycia.

Analizie poddano zarówno zmiany zachodzące w składnikach mleka: tłuszcz mleczny, białko ogółem, kazeina, azot niebiałkowy, białka serwatkowe, jak i analizowano fazę rozproszoną mleka, czyli kuleczki tłuszczowe. W związku z czym badano zmiany wielkości kuleczek tłuszczowych i ich organizacji w fazie ciągłej układu, udział procentowy kuleczek tłuszczowych  $>2\mu\text{m}$ , rozkład wielkości kuleczek tłuszczowych, jednorodność fazy zdyspergowanej mleka/skuteczność homogenizacji, a także ilość białka związanego z kuleczkami tłuszczowymi. Oznaczono również profil kwasów tłuszczowych, WKT, liczbę nadtlenkową.

Analizy składników mleka, za wyjątkiem oznaczania profilu kwasów tłuszczowych, prowadzono metodami chemicznymi zgodnie z aktualnymi normami i standardami polskimi i międzynarodowymi. Oznaczanie profilu kwasów tłuszczowych prowadzono metodą chromatograficzną GC.

Zmiany rozkładu wielkości i organizacji kuleczek tłuszczowych badano metodami mikroskopii optycznej oraz statycznej dyfrakcji laserowej. Natomiast jednorodność fazy zdyspergowanej mleka/skuteczność homogenizacji badano dodatkowo metodą NIZO. Najczęściej stosowaną techniką do pomiaru wielkości cząstek fazy rozproszonej jest dyfrakcja laserowa, której zaletą jest szybki, automatyczny i obiektywny pomiar pełnego rozkładu wielkości cząstek. Metoda ta pozwala na analizę bardzo dużej ilości cząstek fazy rozproszonej w jednej serii pomiarowej. Niestety jej wadą jest ograniczenie odnośnie koncentracji fazy rozproszonej, co wymaga rozcieńczenia badanej próbki, a co za tym idzie, odpowiednie jej przygotowanie przed pomiarem.

Wszystkie wyniki pracy zostały poddane analizie statystycznej.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że sezon miał istotny wpływ na skład wszystkich analizowanych próbek mleka, a szczególnie zawartości tłuszczu i profilu jego kwasów tłuszczowych oraz poziomu azotu niebiałkowego.

Badania wykazały, że różnice w zawartości tłuszczu, kwasów jednonienasyconych, procentowego udziału kuleczek tłuszczowych w mleku w zależności od sezonu były statystycznie istotne. W mleku surowym zawartość tłuszczu, kwasów jednonienasyconych oraz kuleczek tłuszczowych  $>2\mu$  była mniejsza latem niż zimą.

Surowe mleko jesienno-zimowe charakteryzowało się większymi kuleczkami tłuszczowymi niż mleko wiosenno-letnie (D43, D53, D50, D90: Z>L). Oznacza to, że różnica ta dotyczyła pojedynczych kuleczek tłuszczowych, a nie zjawiska ich agregacji.

Zauważono również, że surowe mleko zimowe śmietankowało szybciej niż letnie.

Zaobserwowano, że skuteczność homogenizacji jest większa w doniesieniu do mleka zimowego niż letniego, co wyrażało się większą odpornością na śmietankowanie.

Procesy standaryzacji i pasteryzacji, niezależnie od sezonu pozyskiwania mleka, spowodowały nieznaczne, ale istotne statystycznie, zmniejszenie wielkości kuleczek tłuszczowych; zmiany w składzie powierzchni międzyfazowej kuleczek tłuszczowych, co prowadziło do zmiany sposobu ich agregacji; zmniejszenie szybkości śmietankowania



w porównaniu do mleka surowego oraz eliminację zjawiska kompresji powstałej warstwy tłuszczu i przyspieszenie w nim przemian proteolitycznych, w czasie przechowywania.

Natomiast procesy homogenizacji i hartowania lub sterylizacji mleka ESL i UHT powodują, w odniesieniu do mleka surowego i standaryzowanego, istotne statystycznie zmniejszenie wielkości kuleczek tłuszczowych i zwiększenie ich jednorodności; zmniejszenie szybkości śmietankowania oraz eliminację zjawiska kompresji powstałej warstwy tłuszczu; zwiększenie stabilności fazy rozproszonej (odporności na agregacje i koalescencję); niewielki, ale istotny statystycznie spadek zawartości białka ogółem; zwiększenie stopnia denaturacji białek serwatkowych oraz zahamowanie przemian proteolitycznych i lipolitycznych w mleku ESL i UHT, w czasie przechowywania.

Wykazano, że parametry procesu i typ homogenizacji mają duży wpływ na efektywność procesu wyrażoną przez wielkość i jednorodność kuleczek tłuszczowych. Homogenizacja dwustopniowa była korzystniejsza od homogenizacji jednostopniowej. Efektywność procesu wzrastała, w zakresie stosowanych ciśnień, wraz ze wzrostem ciśnienia na pierwszym etapie homogenizacji. Przy tych samych ciśnieniach homogenizacji homogenizacja aseptyczna była bardziej efektywna niż homogenizacja nieaseptyczna.

Stwierdzono, że dyfrakcja laserowa, w badaniu skuteczności homogenizacji, jest bardziej precyzyjną metodą oceny rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych w emulsjach typu o/w umożliwiającą śledzenie zmian ich stabilności niż obserwacja mikroskopowa, co pozwala na rozróżnienie występujących mechanizmów destabilizacji; agregacji i koalescencji.

W rezultacie przeprowadzonych doświadczeń udowodniono, że wyniki badania rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych metodą dyfrakcji laserowej wykazują wyższą, statystycznie istotną, korelację z wynikami badania, metodą NIZO, skuteczności homogenizacji, niż wynikami uzyskanymi metodą optyczną.

Wyniki przedstawione w pracy wskazują na bardzo dobre opanowanie warsztatu badawczego przez Doktorantkę. Na podkreślenie zasługuje fakt, że praca jest napisana poprawnym językiem. Szczególnego podkreślenia wymaga umiejętność doboru i zastosowania metod statystycznych do opracowywania wyników doświadczeń, co jest nieczęstą umiejętnością wśród doktorantów. Omówienie i dyskusja wyników przeprowadzone są profesjonalnie wskazując na dobrą znajomość zagadnienia oraz piśmiennictwa przez Doktorantkę.

Uważam, że praca doktorska Pani mgr inż. mgr inż. Adriany Bomba spełnia wymogi stawiane pracy doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie jej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Andrzej Babuchowski  
Promotor