Prof. dr hab. inż. Jacek Domagała
Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych
Wydział Technologii Żywności
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Kraków, 18.08.2022 r.

Recenzja
pracy doktorskiej mgr inż. Adriany Bomba pt. „Czynniki wpływające na stabilność emulsji mlecznych typu o/w" wykonanej w Katedrze Inżynierii, Aparatury Procesowej i Biotechnologii Żywności, Wydziału Nauki o Żywności, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Babuchowskiego

Podstawa wykonania recenzji:
Pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny technologia żywności i żywienia Nr WNoŻ-DZ.6350.157.2022 z dnia 20.06.2022 r.

1. Wybór tematu pracy

Stabilność emulsji spożywczych jest jednym z podstawowych czynników warunkujących ich akceptację konsumencką oraz przydatność do spożycia. Destabilizacja emulsji może być przyczyną wielu wad produktów spożywczych, stąd też niezwykle ważne jest dokładne poznanie czynników wpływających na stabilność emulsji, jak również mechanizmów destabilizacji układów emulsyjnych. Klasycznym przykładem emulsji spożywczej typu o/w jest mleko. Badania nad stabilnością mleka jako układu emulsyjnego prowadzone są w różnych aspektach już od wielu dziesiątków lat, a na ten temat powstało wiele opracowań naukowych i pozycji książkowych. Dlatego też zadanie, którego podjęła się Doktorantka w swojej pracy dysertacyjnej pod dosyć ogólnym tytułem „Czynniki wpływające na stabilność emulsji mlecznych typu o/w" wydaje się niezwykle trudne. Wynika to z faktu, że obrany temat stanowi przedmiot dziesiątków publikacji pojawiających się przynajmniej od połowy ubiegłego wieku. Z drugiej jednak strony wraz z rozwojem nowych technologii przetwarzania mleka oraz dostępem do coraz nowocześniejszych technik analitycznych pojawiają się nowe aspekty zagadnienia i nowe możliwości uzyskania coraz dokładniejszych informacji z tego zakresu. Przedmiotem analiz Doktorantki były handlowe produkty mleka pitnego ESL oraz UHT na różnych etapach produkcji począwszy od mleka surowego, poprzez mleko standaryzowane, homogenizowane i utrwalane termicznie aż do przechowywania przez 2 miesiące próbek mleka surowego, standaryzowanego i homogenizowanego ESL i przez 6 miesięcy próbek mleka homogenizowanego UHT. Mleko badano w okresach wiosenno-letnim oraz jesienno-zimowym, a jedną z głównych nowoczesnych technik analitycznych, którymi posłużyła się Doktorantka w swoich badaniach była metoda statycznej dyfrakcji laserowej. W takim ujęciu badania Doktorantki należy uznać za celowe i ważne zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu

widzenia, pozwalające na uzyskanie nowych informacji będących cennym uzupełnieniem dostępnej już wiedzy.

2. Ocena formalnej strony pracy

Przedstawiona do recenzji praca obejmuje 244 strony, w tym 129 stron stanowi zasadniczy tekst pracy, a 145 stron to załącznik. Zasadniczy tekst pracy podzielony jest na rozdziały: „1.Wstęp" (1 strona), „2.Zagadnienie w świetle literatury" (18 stron), „3.Cele i hipotezy pracy dysertacyjnej" (1 strona), „4. Część doświadczalna" (10 stron), „5.Wyniki i dyskusja" (66 stron), „6.Wnioski" (2 strony) i „7.Wykaz piśmiennictwa" (14 stron). Praca zawiera ponadto spis treści, spisy rysunków i tabel oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Obszerny załącznik (stanowiący ponad połowę całości pracy) zawiera wyniki szczegółowe uzyskane w poszczególnych etapach doświadczenia oraz wyniki analiz statystycznych. W pracy przedstawione są 33 rysunki oraz 71 tabel (w tym 44 w zasadniczym tekście pracy i 27 w załączniku). W tabelach przedstawione są zarówno informacje tekstowe, jak i dane liczbowe, ale także zdjęcia, i wykresy. Układ zasadniczej części pracy jest typowy dla przyrodniczych prac doświadczalnych, a proporcje pomiędzy poszczególnymi częściami pracy są właściwe.

3. Ocena merytoryczna pracy

Celem pracy było zbadanie różnic w składzie i stopniu dyspersji kuleczek tłuszczowych mleka surowego w zależności od pory roku, ocena wpływu wybranych parametrów obróbki technologicznej, głównie standaryzacji wraz z pasteryzacją oraz homogenizacji wraz z obróbką termiczną, stosowanych w warunkach przemysłowych na zmiany składu i stabilności mleka podczas przechowywania, zbadanie mechanizmu destabilizacji emulsji mlecznych typu o/w oraz ocena przydatności wybranych metod badawczych do śledzenia zmian stabilności emulsji.

We wstępie oraz części teoretycznej pracy Autorka zawarła podstawowe informacje na temat emulsji i ich rodzajów, opisała mechanizmy destabilizacji emulsji oraz czynniki na nią wpływające. Dalej Doktorantka zawarła podstawowe informacje o mleku jako typowym przykładzie emulsji typu o/w, czynnikach wpływających na stabilność mleka, ze szczególnym uwzględnieniem procesów standaryzacji i homogenizacji. Opisując metody badania stabilności fizycznej emulsji, szczególną uwagę zwróciła na innowacyjne techniki badania rozkładu wielkości cząstek, w tym głównie metodę statycznej dyfrakcji laserowej opisując jej zalety i wady, trudności analityczne, dobór buforów i sposoby eliminacji sygnału pochodzącego od miceli kazeinowych. Ta część pracy, chociaż nie podzielona na wyodrębnione i ponumerowane podrozdziały świadczy o dobrym rozeznaniu Doktorantki w opisywanej tematyce. Na

podkreślenie zasługują czytelne zestawienia tabelaryczne zawierające informacje z wielu źródeł literaturowych, co ułatwia zapoznanie się z rozwojem poglądów i uzyskanymi już rezultatami danego aspektu opisywanych zagadnień. Pewien niedosyt powoduje brak opisu struktury kuleczki tłuszczowej mleka i jej otoczki oraz roli fosfolipidów mleka w kształtowaniu stabilności emulsji. Szczegółowe uwagi w tej części dotyczą:

- braku wyjaśnienia parametru d w legendzie wzoru (1) na str. 22,
- niepełnego opisu osi y na rys. 2 na str. 32 (brak jednostki).

Cele pracy sformułowane są jasno, choć ich kolejność nie odpowiada kolejności omawiania wyników. Autorka sformułowała także 4 hipotezy badawcze dotyczące:

- zależności stabilności mleka od pory roku;
- wpływu standaryzacji na mechanizm destabilizacji emulsji;
- różnic w składzie kwasów tłuszczowych i wielkości kuleczek tłuszczowych na podatność tłuszczu na homogenizację;
- wpływu typu homogenizacji na stabilność emulsji.

Zwraca uwagę brak hipotezy dotyczącej wpływu obróbki termicznej na stabilność emulsji. Czy nie należało także tego aspektu zagadnienia wziąć pod uwagę, tym bardziej, że rozważania na ten temat przewijają się w opisie wyników?

W rozdziale „Część doświadczalna" Autorka opisała materiał badawczy i zastosowane metody badawcze. Układ doświadczalny jest dosyć skomplikowany obejmujący wiele czynników badawczych. Autorka badała mleko z dwóch sezonów: wiosenno-letniego i jesienno-zimowego. Było to mleko surowe, standaryzowane do zawartości tłuszczu 3,2% i pasteryzowane, homogenizowane w różnych warunkach ciśnienia i temperatury przy zastosowaniu homogenizacji nieaseptycznej jedno- i dwustopniowej oraz homogenizacji aseptycznej dwustopniowej oraz poddane zróżnicowanej obróbce termicznej (hartowanie w temp. 125°C/2s lub 90°C/90s lub 90°C/60s i/lub obróbce UHT w temp. 135-145°C/1-10s).

Opis materiału badawczego zamieszczony w tabeli 8 oraz schemat technologiczny produkcji mleka pitnego na rys. 5 są mało czytelne i wymagają doprecyzowania i uzupełnienia:

- w tabeli 8 nie przedstawiono materiałów do badań a jedynie ich opis (jest to skrót myślowy);
- do czego odnoszą się oznaczenia A, B w główce tabeli 8?
- nie podano parametrów pasteryzacji mleka po standaryzacji – czy dla wszystkich źródeł była taka sama?
- nie podano typu urządzeń do obróbki termicznej (hartowania i UHT);

- ze schematu technologicznego zamieszczonego na rys. 5 wynika, że wszystkie produkty końcowe produkowano z tego samego surowca, jednak przedstawione wyniki szczegółowe tego nie potwierdzają.

Moim zdaniem schemat technologiczny przedstawiony na rys. 5 będący tak naprawdę schematem organizacji doświadczenia byłby bardziej czytelny gdyby został rozwinięty do czterech wariantów produktów końcowych, gdyby wprowadzono parametry technologiczne dla każdego wariantu i zaznaczono, że początkowe etapy są wspólne dla surowców z różnych źródeł.

W pracy oprócz standardowych metod analitycznych zastosowano nowoczesne metody badawcze takie jak chromatografia gazowa do analizy profilu kwasów tłuszczowych oraz dyfrakcja laserowa do analizy rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych. Zakres stosowanych analiz jest szeroki, a metody wykorzystane w pracy adekwatne do realizacji postawionego celu. Szczególnie należy podkreślić dużą liczbę przebadanych próbek mleka w różnych wariantach, co daje obraz ogromu pracy analitycznej, a potem pracy nad opracowaniem uzyskanych wyników. Tak wiele zmiennych doświadczalnych i znaczna ilość uzyskanych wyników szczegółowych wymagało od Autorki zastosowania odpowiednio dobranych metod statystycznych do ich opracowania i zaprezentowania. W mojej ocenie Doktorantka bardzo dobrze sobie z tym poradziła.

Do części doświadczalnej pracy mam następujące pytania i uwagi szczegółowe:

- ile razy powtórzono cały eksperyment i w ilu powtórzeniach wykonywano poszczególne analizy?
- nie podano nazwy i producenta urządzenia do badania rozkładu wielkości cząstek metodą dyfrakcji laserowej;
- brak odnośników literatury do metody podstojowej (śmietankowania, pkt 4.2.6) oraz szacowania stabilności mleka (pkt 4.2.13);
- w legendzie do wzoru (4) (str. 45) zastosowano skrót myślowy „mg białka/m^2 tłuszczu" – chodzi o m^2 powierzchni międzyfazowej (powierzchni kuleczek tłuszczowych);
- o jaki butyrometr chodzi w metodzie BDI (str. 42)?

Najobszerniejszą częścią pracy jest rozdział 5 „Wyniki i dyskusja" podzielony na podrozdziały według zagadnień: wpływ sezonu, badanie zmian zachodzących w czasie chłodniczego przechowywania, wpływ standaryzacji i wpływ homogenizacji.

Doktorantka stwierdziła, że mleko surowe z okresu zimowego różniło się istotnie od mleka z okresu letniego, większą zawartością tłuszczu. Analiza profilu kwasów tłuszczowych w zależności od pory roku wykazała istotne zmiany w zawartości niektórych kwasów

tłuszczowych zarówno w mleku surowym, standaryzowanym jak i homogenizowanym, jak również istotne interakcje pory roku i czasu przechowywania w odniesieniu do niektórych kwasów tłuszczowych. Zwraca uwagę stwierdzona większa zawartość kwasu linolowego (C18:2 cis) w mleku z okresu zimowego niż z okresu letniego. Czym to Doktorantka tłumaczy, gdyż powszechnie uważa się, że żywienie krów w okresie letnim zwiększa zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku? Należy podkreślić, że w opisie wyników Doktorantka zdaje sobie sprawę ze złożoności zagadnienia i wpływu wielu różnych czynników zarówno na profil kwasów tłuszczowych jak i na zawartość innych składników mleka. Rozważania na temat różnic w zawartości niektórych kwasów tłuszczowych mleka letniego i zimowego Doktorantka podsumowała słusznym przypuszczeniem, że mleko z okresu zimowego może ulegać destabilizacji w odmienny sposób lub z inną prędkością niż mleko z okresu letniego.

Bardzo ciekawe spostrzeżenia poczyniła Doktorantka na podstawie stosunkowo prostej analizy zjawiska śmietankowania. Wykazała, że zjawisko to zachodzi inaczej w mleku surowym i standaryzowanym (tj. z i bez zjawiska kompresji tłuszczu). Dzięki badaniu mleka po standaryzacji wykazała, że zależność szybkości śmietankowania od pory roku nie wynika z różnej zawartości tłuszczu. Doktorantka wnioskuje, że przyczyną szybszego śmietankowania mleka z okresu zimowego niż letniego może być różnica gęstości fazy rozproszonej lub różnica w zawartości skrystalizowanego tłuszczu wynikająca z różnic w profilu kwasów tłuszczowych. Zupełnie inny przebieg miało śmietankowanie mleka homogenizowanego, co jest zrozumiałe, przy czym różnice wystąpiły tu także w zależności od wysokości ciśnienia homogenizacji i rodzaju homogenizacji (aseptyczna - nieaseptyczna).

Badania wielkości kuleczek tłuszczowych rozpoczęto od metody mikroskopowej polegającej na wyznaczeniu procentowej zawartości kuleczek tłuszczowych o średnicy powyżej 2 μm. Wykazano, że surowe mleko z okresu zimowego charakteryzowało się większą zawartością takich kluczek tłuszczowych niż mleko z okresu letniego. Rozwinięciem i cennym uzupełnieniem tych analiz było badanie rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych przy użyciu nowoczesnej metody dyfrakcji laserowej, dającej możliwość uzyskania wielu obiektywnych i wiarygodnych wyników oraz różnych parametrów takich jak jednorodność, powierzchnia właściwa i tzw. średnice „odcięcia". Zróżnicowano tu także analizy w zależności od zastosowanego buforu rozcieńczającego oraz zastosowania podgrzewania próbki. W efekcie otrzymano dokładne wykresy obrazujące procentowy udział objętościowy kuleczek tłuszczowych o określonych zakresach średnic (najczęściej dwóch lub trzech) dla poszczególnych próbek mleka. Na podstawie tych pomiarów stwierdzono generalnie, że mleko zimowe zawierało większe kuleczki tłuszczowe niż letnie, w związku z czym szybciej ulegało

destabilizacji. W mleku standaryzowanym analogicznie jak w mleku surowym destabilizacja zachodziła szybciej w mleku z okresu zimowego niż letniego, a jej przebieg był inny niż w mleku surowym, pojawiły się bowiem kuleczki o bardzo dużych średnicach, co wskazywało na zachodzące zjawisko agregacji. Mleko homogenizowane ESL charakteryzowało się większymi kuleczkami tłuszczowymi latem niż zimą, węższym rozkładem cząstek, większą jednorodnością i mniejszą powierzchnią właściwą. Wszystko to sprawiało, że mleko to szybciej ulegało śmietankowaniu. Podobne zależności Doktorantka stwierdziła dla mleka homogenizowanego UHT. Dało to Doktorantce podstawę do ostrożnego wnioskowania o możliwym wpływie pory roku na podatność mleka na homogenizację. Dla tych części rozważań nie zamieszczono jednak wykresów rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych. Badając ilość białka związanego z kuleczkami tłuszczowymi Doktorantka wykazała, że mleko homogenizowane z okresu zimowego charakteryzowało się większą ilością białek zaadsorbowanych na otoczce niż mleko z okresu letniego, co mogło zmniejszać jego podatność na śmietankowanie. W rozdziale 5.1 pomylono numerację podrozdziałów.

Opis zmian składu mleka w czasie jego chłodniczego przechowywania obejmuje w większości przemiany standardowo występujące w mleku przechowywanym, poza dosyć zaskakującym istotnym wzrostem zawartości białek serwatkowych, ale oszacowanym - jak wyjaśniła to Autorka - metodą obliczeniową. Opis zmian profilu kwasów tłuszczowych mleka w czasie chłodniczego przechowywania nie zawsze jest zgodny z wynikami zamieszczonymi w tabeli 32, której tytuł jest niepełny. I tak Autorka na str. 83 pisze, że: „wiosenno-letnie mleko standaryzowane charakteryzowało się spadkiem zawartości kwasu pentadekanowego (C15:0)", podczas gdy w tabeli 32 takich zmian nie widać. I podobnie na str. 84: „Jesienno-zimowe mleko komercyjne (...) charakteryzowało się istotnym wzrostem kw. tł. C20:0", choć w tabeli dla tej próbki mleka zaznaczony jest spadek, podobnie jak dla kwasu C18:1, o którym tu Autorka nie wspomina. Wśród kwasów tłuszczowych, których zawartość zmniejszała się w mleku komercyjnym wiosenno-letnim wymieniony jest kwas C18:1, podczas gdy w tabeli zmian nie uwidoczniono. Na rys. 21 przedstawiono zmiany procentowego udziału kuleczek tłuszczowych o średnicy powyżej 2 μm w czasie przechowywania mleka homogenizowanego UHT. W opisie wykresu Autorka pisze iż: „wzrost udziału frakcji dużych kuleczek tłuszczowych (...) zaobserwowano już po 2 miesiącach przechowywania (str.84) podczas gdy z wykresu wynika, że w tym okresie był to spadek. Na podstawie analizy zmian rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych mleka w czasie chłodniczego przechowywania Doktorantka stwierdziła, że destabilizacja mleka surowego i standaryzowanego podczas przechowywania zachodziła, zarówno na skutek agregacji jak i koalescencji kuleczek tłuszczowych. W tej części opisu

wyników Autorka używa mało precyzyjnych określeń: „nieco inaczej" w odniesieniu do starzenia mleka surowego i standaryzowanego w różnych porach roku nie precyzując, czy chodzi o zmiany statystycznie istotne czy nie. W przypadku mleka homogenizowanego Autorka stwierdziła dużą zmienność badanych parametrów podczas przechowywania, przez co trudno Jej było wyznaczyć jednoznaczne tendencje wzrostu lub spadku poszczególnych parametrów rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych.

Proces standaryzacji mleka spowodował zwiększenie jednorodności mleka czyli ujednolicenie wielkości kuleczek tłuszczowych. Autorka zauważa po tym procesie zmniejszenie udziału dużych kuleczek tłuszczowych na początku eksperymentu, ale już po miesiącu przechowywania stwierdza przesunięcie krzywej rozkładu w stronę kuleczek o dużych średnicach, o czym już była mowa przy opisie wpływu pory roku i czasu przechowywania. Doktorantka stwierdziła także zmiany w zawartości białka (zarówno kazeiny jak i białek serwatkowych) w mleku standaryzowanym i pasteryzowanym tłumacząc to m.in. standaryzacją również zawartości białka. Czy wg wiedzy Doktorantki, w zakładach, z których pochodziło mleko taki proces stosowano w odniesieniu do mleka pitnego, a jeśli tak - to w jaki sposób? Brak też nawiązania czy i jak te przemiany w białkach wpływają na stabilność emulsji mlecznej.

Spośród różnych rodzajów mleka homogenizowanego mleko ESL charakteryzowało się mniejszą skutecznością homogenizacji, co związane było z najniższym ciśnieniem homogenizacji w warunkach nieaseptycznych. Jak zatem zdaniem Doktorantki wytłumaczyć większą skuteczność homogenizacji przy jeszcze niższym ciśnieniu, ale warunkach aseptycznych?

Autorka dokonała także porównania metody mikroskopowej, dyfrakcji laserowej i metody NIZO stwierdzając, że skuteczność homogenizacji badana metodą NIZO wykazuje wyższą korelację z wynikami badania rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych metodą dyfrakcji laserowej niż z wynikami uzyskanymi metodą optyczną. W końcowej części pracy Autorka opisała wyniki dotyczące ilości białka związanego z kuleczkami tłuszczowymi mleka ESL i UHT, w badaniach przechowalniczych dokonała wizualnej oceny osadzonego tłuszczu na wieczku opakowania oraz osadu na dnie kartonu oraz ilości osadu wydzielonego w przyspieszonym teście stabilności mleka komercyjnego. W tych aspektach badania Autorki w większości potwierdziły znane doniesienia literaturowe.

Uzyskane we poszczególnych częściach doświadczenia wyniki Doktorantka przedyskutowała z wynikami innych autorów. Dyskusja prowadzona jest rzeczowo i kompetentnie, co świadczy o dobrym rozeznaniu Autorki w literaturze przedmiotu. W wielu przypadkach Autorka próbuje sama zinterpretować stwierdzone zmiany i zachodzące zjawiska,

będąc przy tym wyważoną we własnych sądach. Szkoda, że niektóre podrozdziały nie zawierają w ogóle dyskusji z wynikami innych autorów lub własnych przemyśleń Autorki.

Praca kończy się sformułowaniem siedmiu wniosków w większości o charakterze stwierdzeń występujących już w omówieniu wyników. Wniosek nr 3 zawiera stwierdzenia oczywiste i znane. Wyraźnie brak jest podsumowującego wniosku utylitarnego wskazującego co w tych obszernych i żmudnych badań Autorki wypływa dla praktyki przemysłowej.

W pracy dostrzegłem błędy literowe, skróty myślowe oraz stwierdzenia oczywiste typu: „standaryzacja spowodowała zmniejszenie zawartości tłuszczu do poziomu określonego przez producenta" (str. 89), „proces hartowania lub UHT w lepszym stopniu (niż pasteryzacja) zdołały inaktywować elementy złożonego systemu plazminy w mleku" (str. 100), „procesy homogenizacji (...) powodują zmniejszenie wielkości kuleczek tłuszczowych i zwiększenie ich jednorodności (str. 114) czy też sformułowania niefortunne takie jak „ładunek białka" w odniesieniu do jego zawartości w otoczkach kuleczek tłuszczowych (str. 108-109).

Wykaz piśmiennictwa zawiera 164 pozycje literatury, w tym 15 pozycji książkowych i 6 dysertacji. Brak numeracji pozycji literaturowych utrudnia odniesienie się do niektórych z nich. Większość stanowią pozycje anglojęzyczne. Literatura w przeważającej części pochodzi z okresu ostatnich 20 lat. Jednak aż 58 cytowanych pozycji (tj. 35%) opublikowanych zostało przed rokiem 2000. Są wśród nich pozycje z lat 60-tych, 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku, a nawet pozycja z 1951 r. O ile wiele z nich dotyczy sztandarowych i ważnych opracowań z zakresu tematyki badawczej Autorki (np. starsze i nowsze prace P. Walstry), co świadczy o dobrym rozeznaniu Doktorantki w opisywanej tematyce w ciągu ostatniego półwiecza, o tyle niektóre pozycje z pewnością mogłyby być zastąpione bardziej aktualnymi (np. wspomniana pozycja z 1951 r. dotycząca zawartości niebiałkowych związków azotowych w mleku surowym). Poza tym niektóre cytowane pozycje mają swoje nowsze wydania (np. Tetra Pak 1995, Biuletyn FIL/IDF z 1989 r.). Pozostałe błędy i niedociągnięcia związane z wykazem piśmiennictwa i cytowaniem literatury to:

- 4 pozycje ze spisu literatury nie widnieją w tekście pracy (Briard i in. 2003; Fanquant i in. 2005; Król i in. 2015 oraz Li 2013);
- 1 pozycja z tekstu pracy nie jest ujęta w spisie literatury (Briard, Michel 2001, str. 69);
- niejednolity zapis nazw czasopism (stosowanie małych i dużych liter, np. str.117, stosowanie całych nazw i skrótów, np. str. 118);
- błędy w nazwiskach autorów (np. D'Incecco (str. 60, 62 i 118) lub datach wydania (np. McClements 2014 – str. 24)

- niepełne dane bibliograficzne (np. Oortwijn, Walstra 1979 – brak stron, Van Boekel, Walstra 1989 – brak numeru biuletynu, skrót JCB – str. 122);

Wszystkie poczynione uwagi i spostrzeżenia mają charakter redakcyjny, porządkujący, uzupełniający bądź stanowią zachętę do dyskusji i nie umniejszają wartości pracy wykonanej przez Doktorantkę. Reasumując, uważam iż pani mgr inż. Adriana Bomba wykonała bardzo obszerne, konsekwentnie zrealizowane badania i szczegółowo opracowała ich wyniki, wybierając i opisując zależności statystycznie istotne. Posługując się nowoczesnymi metodami badawczymi Doktorantka uzyskała wiele ciekawych i wartościowych pod względem poznawczym rezultatów. Niektóre z uzyskanych wyników są potwierdzeniem znanych już informacji, a niektóre zawierają elementy nowości. Szczególnie wysoko oceniam dociekania Autorki na temat mechanizmów destabilizacji emulsji mlecznych na podstawie wyników analizy rozkładu wielkości kuleczek tłuszczowych metodą dyfrakcji laserowej. Można powiedzieć iż Doktorantka stała się specjalistką w tym zakresie. Ważne jest też stwierdzenie różnic w mechanizmach i szybkości destabilizacji emulsji mlecznych w zależności od pory roku pozyskiwania mleka. Przedstawiona rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę Kandydatki w dyscyplinie technologia żywności i żywienia oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Adriany Bomba pt.: „Czynniki wpływające na stabilność emulsji mlecznych typu o/w" jest oryginalnym opracowaniem naukowym spełniającym warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.). **Wnoszę więc do Rady Naukowej Dyscypliny technologia żywności i żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie Pani mgr inż. Adriany Bomba do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**