WYDZIAŁ INFRASTRUKTURY I ŚRODOWISKA
Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych
dr hab. inż. Iwona Zawieja, prof. PCz
ul. J. H. Dąbrowskiego 69, 42-201 Częstochowa, tel. 34 32 50 457
e-mail: iwona.zawieja@pcz.pl

Częstochowa, 14.11.2022r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Tarapata

pod tytułem

„Frakcjonowanie składników mleka i waloryzacja produktów ubocznych otrzymanych poprzez filtrację membranową w produkcji mleczarskiej"

przygotowanej na Wydziale Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko - Mazurskiego w Olsztynie,

wykonanej pod kierunkiem Promotor Pani dr. hab. inż. Justyny Żulewskiej, prof. UWM

oraz Promotora Pana prof. dr. hab. inż. Marcina Zielińskiego.

Recenzja opracowana została na zlecenie Pani Kierownik Dyscypliny Naukowej Technologii Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie prof. dr hab. inż. Iwony Zofii Konopka, z dnia 14.10.2022 r.

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie umowy o dzieło nr NR 45/17.001.001/2022 z dnia 21 października 2022 roku zawartej pomiędzy Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, a jej autorem.

2. Informacje dotyczące wykształcenia oraz przebiegu pracy naukowo-zawodowej mgr inż. Justyny Tarapata

Doktorantka stopień inżyniera uzyskała w 2017 roku, a tytuł magistra w 2018 roku. Obydwa dyplomy uzyskała na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, a prace realizowane były pod kierunkiem odpowiednio dr hab. inż. Brygidy Ewy Dybowskiej oraz dr hab. inż. Justyny Żulewskiej, prof. UWM, na Wydziale Nauki o Żywności. Według mojej wiedzy, Pani mgr inż. Justyny Tarapata nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora. Obecnie, od stycznia 2021r., pracuje, jako technolog na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, na Wydziale Nauki o Żywności, biorąc udział w prowadzeniu badań naukowych.

Dorobek naukowo-zawodowy Doktorantki w latach poprzednich kształtował się w następujący sposób:

- od 07.2022r. do 08.2022r.: staż naukowy na University College Cork, School of Food and Nutritional Sciences, Irlandia, Food Ingredients Research Group, Mentor: prof. Seamus O'Mahony;
- od 07.2021r. do 12.2021r.: stypendystka programu EIT Food RIS Fellowships: RIS Talents (staż zawodowy);
- od 07.2020r. do obecnie: wykonawca w projekcie: „Innowacyjne technologie produkcji składników funkcjonalnych pochodzenia mlecznego i rozwój nowych produktów" w ramach pierwszego polsko-chińskiego konkursu bilateralnego na wspólne projekty badawcze;
- od 06.2019r. do 10.2021r.: wykonawca w projekcie: Innovative Dairy Science education material development, focused on Products, Processes, Quality, Safety & Entrepreneurship, using Information and Communication Technologies (ICTs) and Open Educational Resources (OER) we współpracy z ośrodkami z Grecji, Włoch, Cypru i Hiszpanii;
- 09.2017r.: praktykantka w Pracowni technologicznej/Laboratorium fizykochemicznym;
- 07.2016r.: praktykantka w Dziale Produkcji (Proszkownia)/Laboratorium fizykochemicznym.

3. Tematyka rozprawy doktorskiej

Tematyka rozprawy doktorskiej **mgr inż. Justyny Tarapata** dotyczy problemu frakcjonowania składników mleka z wykorzystaniem procesów membranowych, z uwzględnieniem wydajności procesu oraz czynników wpływających na przebieg frakcjonowania składników mleka. Ponadto w pracy poruszono problem waloryzacji produktów ubocznych procesu otrzymanych poprzez filtrację membranową tj. wykorzystanie permeatów po ultra- i diafiltracji do generowania biogazu w procesie fermentacji metanowej. Podjęcie tego typu tematyki wpisuje się w aktualne kierunki badawcze, których nadrzędnym celem jest ochrona środowiska i troska o jakość życia przyszłych pokoleń. Dążenie do optymalizacji ciągów technologicznych oczyszczania ścieków przemysłowych, unieszkodliwiania odpadów poprodukcyjnych i ich zagospodarowania jest zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Należy podkreślić, że produkty uboczne powstając w procesie produkcji mleka, takie jak serwatka, maślanka, czy też permeat po procesie ultrafiltracji charakteryzują się znaczną zawartością substancji organicznych. Powyższe produkty uboczne wymagają odpowiedniego oczyszczenia, które zniweluje ich negatywne odziaływanie na środowisko. Będąc jednocześnie dla mikroorganizmów metanogennych źródłem łatwo przyswajalnego węgla mogą zostać wykorzystane, jako substrat do produkcji biogazu, stanowiącego cenne źródło energii. Zagadnienia zawarte w pracy dotyczące wydajności frakcjonowania składników mleka zachodzącego podczas procesu ultrafiltracji serwatki i mikrofiltracji maślanki, skojarzone z możliwością wykorzystania permeatów po ultra- i diafiltracji, jako substratów do produkcji biogazu są zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Zgodnie z koncepcją „zero waste" tj. dążenia do optymalizacji procesów produkcyjnych, w aspekcie ograniczenia produktów ubocznych, Doktorantka dokonała oceny procesu frakcjonowania składników mleka z wykorzystaniem technologii membranowych, poprzez określenie przebiegu procesu i wpływu na jego wydajność takich negatywnych czynników, jak zarastanie membran, a w konsekwencji zmiana selektywność membrany i zmniejszenie natężenia przepływu strumienia permeatu w czasie filtracji.

Wybór tematyki rozprawy doktorskiej jest bardzo ciekawy i aktualny. Autorka przeprowadziła szereg badań dotyczących procesu frakcjonowania składników mleka, tj. ultrafiltracji serwatki i mikrofiltracji maślanki, wnikliwie analizując istotę badanych procesów, stosując ponadto modelowanie spadku natężenia strumienia permeatu podczas filtracji różnych produktów, co stanowi istotne poszerzenie obecnego stanu wiedzy dotyczącego zagadnienia. Na podkreślenie zasługuje jednak nie tylko naukowy charakter pracy, ale również jej przyszły,

aplikacyjny charakter. Problematyka pracy dotyczy niezmiernie aktualnych obszarów badawczych, tj. gospodarki o obiegu zamkniętym, w której produkt uboczny procesu technologicznego może zostać wykorzystany, jako substrat w kolejnym procesie jednostkowym, stając się w konsekwencji wartościowym źródłem energii. Energetyczne wykorzystanie w układach kogeneracyjnych biogazu wytworzonego w procesie fermentacji metanowej produktów ubocznych pochodzących z produkcji mleka może przynieść, dla zakładu produkcyjnego wdrażającego proponowane rozwiązanie technologiczne, dodatkowe korzyści zarówno ekologiczne, jak i ekonomiczne.

4. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska **mgr inż. Justyny Tarapata** obejmuje 69 stron maszynopisu, zawiera w sobie odwołania do 18 rysunków oraz 15 tabel, zamieszczonych w publikacjach, stanowiących integralną część dysertacji, a mających formę załączników. Rozprawa składa się ze spisu treści, wykazu stosowanych skrótów i oznaczeń, streszczenia (w języku angielskim oraz polskim), części teoretycznej z wyodrębnionymi 4 podrozdziałami, rozdziału poświęconego celom, hipotezom i zakresowi pracy, części doświadczalnej podzielonej na 5 rozdziałów, posumowania i wniosków, spisu literatury oraz załączników.
Rozdział 1 „Introduction" jest podzielony na cztery podrozdziały i stanowi tło naukowe pracy. We wstępie tego rozdziału Doktorantka nakreśliła w sposób ogólny problem badawczy, jaki wynika z dokonanego przez nią przeglądu literatury, wskazując na rosnącą światową produkcję mleka i wynikającą z tego potrzebę oczyszczenia produktów ubocznych z jej produkcji, jak również efektywnego ich zagospodarowania, co jak podkreśliła jest zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Ponadto na tle tak przedstawionego problemu badawczego Doktoranta, w części teoretycznej pracy, opisała zagadnienia dotyczące frakcjonowania białek serwatki oraz separację składników maślanki. Doktorantka podkreśliła ponadto, że biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy dotyczący możliwości stabilizacji różnego rodzaju odpadów, istnieje możliwość wykorzystania permeatów powstałych podczas filtracji membranowej produktów mlecznych, jako substratu w procesie stabilizacji beztlenowej. Należy stwierdzić, że w rozdziale tym, na podstawie dokonanego rozpoznania literaturowego, Doktorantka sprecyzowała istotne problemy naukowe i wskazała tym samym główne kierunki badawcze rozprawy, co zostało potwierdzone w kolejnych rozdziałach pracy. Zdaniem Doktorantki bowiem przetwórstwo mleka wymaga bardziej holistycznego podejścia do stosowanych

technologii i ich optymalizacji, celem jednoczesnej eliminacji zagrożeń środowiskowych oraz uzyskania dodatkowych korzyści energetycznych.

W pierwszym z podrozdziałów 1.1 części teoretycznej pracy pt. „Recovery of serum proteins from cheese whey" Doktorantka dokonała szczegółowej charakterystyki białek pozyskiwanych z serwatki nazywanych białkiem serwatkowym, z uwzględnieniem składu chemicznego. Są one cennym i bogatym źródłem niezbędnych aminokwasów w diecie człowieka. W porównaniu z białkami jaj kurzych one mają wyższą wartość biologiczną. Dlatego serwatka serowa, jak podaje Doktorantka, jest uważana za obiecujący surowiec, zarówno pod względem właściwości, jak i dostępności na rynku i w związku z tym istnieje potencjalna możliwość wykorzystania jej na szerszą skalę. Zaznaczyła również, że aspekt dostępności na rynku wiąże się z rosnącą produkcją sera. Doktorantka w zależności od technologii produkcji dokonała podziału serwatki na kwaśną oraz słodką, przedstawiając odpowiednio właściwości produktu. Następnie Doktorantka zaznaczając, że procesy filtracji membranowej są powszechnie stosowaną technologią separacji/frakcjonowania białka serwatkowego, podkreśliła znaczenie ultrafiltracji, jako istotnego procesu odzyskiwania białek. Na końcu podrozdziału Doktorantka odniosła się do wydajności procesu filtracji membranowej i czynników warunkujących przebieg procesu.

W podrozdziale 1.2. pt. „Fractionation of buttermilk components" Doktorantka opisała technologię produkcji maślanki, skład chemiczny maślanki i możliwość wykorzystania do pozyskiwania białka serwatkowego. Doktoranta wskazała, że technologia filtracji membranowej jest uznawana za korzystną metodę frakcjonowania maślanki i zaznaczyła, że w związku z tym, że maślanka może stanowić odpowiedni surowiec do pozyskiwania białek serwatkowego. Na podstawie dokonanego przeglądu danych literaturowych Doktorantka wskazała lukę badawczą, podkreślając, że pomimo obiecujących wyników badań, mających odzwierciedlenie w literaturze, proces nie został jeszcze rozpoznany i wymaga przeprowadzenia dalszych doświadczeń, skoncentrowanych zwłaszcza na zbadaniu mechanizmu „foulingu" membran filtracyjnych podczas przetwarzania maślanki.

W związku z tym w podrozdziale 1.3. pt. „Fouling and membrane performance" Doktorantka szczegółowo przeanalizowała zjawisko „foulingu", z uwzględnieniem czynników odpowiedzialnych za jego wystąpienie i charakteru zanieczyszczeń, wskazując rozwiązania prowadzące do redukcji obrastania membran, poprzez rozpoznanie mechanizmu ich zanieczyszczenia. Jak podaje Doktorantka, istnieje możliwość identyfikacji mechanizmu odpowiedzialnego za obrastanie, poprzez dopasowanie wyników eksperymentalnych (tj. pomiarów strumienia) do modeli matematycznych, zwłaszcza w celu przewidywania ewolucji

strumienia permeatu w czasie. Doktoranta podkreśliła konieczność przeprowadzenia poszerzonych badań z tego zakresu w oparciu o modele matematyczne uwzględniające złożone strumienie przemysłowe.

W podrozdziale 1.4. pt. „Valorization of by-products generated during membrane filtration of dairy streams" Doktorantka wskazała, że procesy separacji membranowej stosowane przy frakcjonowaniu produktów mlecznych rozwiązują problem odzyskiwania składników o wysokiej wartości dodanej, które z kolei znajdują zastosowanie w sektorze spożywczym. Jednak ultrafiltracja odpadów mleczarskich generuje kolejny strumień – permeat ultrafiltracyjny, który wymaga dalszej obróbki. Obiecującym rozwiązaniem technologicznym jest zastosowanie procesu fermentacji metanowej prowadzącego do stabilizacji mleczarskich odpadów produkcyjnych, z jednoczesnym pozyskaniem wartościowego źródła energii w formie biogazu. W podsumowaniu tego podrozdziału dysertacji Doktorantka wskazuje na możliwość zastosowania procesu fermentacji metanowej, jako metody stabilizacji produktów ubocznych, otrzymanych poprzez filtrację membranową w produkcji mleczarskiej. W oparciu o przeprowadzony przegląd danych literaturowych **mgr inż. Justyny Tarapata** stwierdziła, że brak jest prac podejmujących tematykę waloryzacji permeatów, zawierających stosunkowo wysokie stężenie laktozy, powstających podczas ultrafiltracji i diafiltracji produktów mleczarskich, poprzez wykorzystanie ich do generowania biometanu. Dlatego zagadnienie to stanowi istotny aspekt badań poddanej recenzji pracy doktorskiej, stanowiąc *novum* rozprawy.

W mojej opinii, część teoretyczna rozprawy stanowi zwięzłe i przemyślane, opracowanie zagadnień ściśle powiązanych z celami pracy oraz postawionymi hipotezami, jak i zaproponowanym zakresem badań. Doktorantka poprzez dokonanie krytycznego przeglądu danych literaturowych wskazała na problemy badawcze, które nie zostały jeszcze rozpoznane, a stan wiedzy, który ich dotyczy wymaga poszerzenia. Cześć teoretyczna rozprawy poparta jest 109 pozycjami literaturowymi, co wskazuje na dobre rozpoznanie przez Doktorantkę tematu rozprawy.

W kolejnym rozdziale 2 rozprawy pt. „Objectives" przedstawiono cel główny, cele szczegółowe, zakres pracy i hipotezy badawcze. Jako główny cel pracy przyjęto „assess the fractionation efficiency of membrane filtration of dairy streams, to indicate major foulants during filtration processes, to relate the model parameters of a resistance-in-series (RIS) model to the different feed tested and to assess the possibility of valorizing the permeates generated during diafiltration (DF) by using them in biogas production and comparing their effects with typical ultrafiltration (UF) permeates". Ponadto sformułowano cele szczegółowe. W dysertacji podano cztery hipotezy badawcze, dla których potwierdzenia przeprowadzono adekwatne

badania. Przedstawienie przez Doktorantkę zakresu pracy badawczej, w formie graficznej, w sposób czytelny pokazuję chronologię etapów badawczych, wskazując na wzajemne powiązania i wynikające z nich zależności.

Opisane przez Doktorantkę w rozdziale 3 pt. „Materials and Methods" metody badawcze pozwoliły na zweryfikowanie postawionych w pracy hipotez badawczych i są adekwatne do założonych celów rozprawy doktorskiej. Autorka przedstawia ogólną charakterystykę materiałów badawczych takich jak: serwatka słodka i kwaśna, maślanka, oraz permeatów po po ultra- i diafiltracji serwatki i maślanki wykorzystanych, jako substraty w procesie fermentacji metanowej, jak również osadów przefermentowanych stanowiących *inoculum*. W metodyce badań szczegółowo zostały opisane etapy przygotowania próbek do analizy, stanowiska badawcze, również warunki prowadzenia badań oraz stosowane oznaczenia analityczne i wskaźniki. Na szczególne podkreślenie zasługuje opis modelu oporów szeregowych wykorzystany do modelowania spadku natężenia strumienia permeatu, podczas filtracji różnych produktów mleczarskich, co ma bezpośrednie odniesienie do sformułowanego przez Doktorantkę głównego celu prowadzonych badań.

Należy podkreślić, że przedstawiony opis metodyki badawczej jest wyczerpujący, wskazuje na właściwą etapowość prowadzonych badań, ma odniesienie do przyjętego zakresu pracy i naświetla omawiane w części wynikowej zagadnienia badawcze. Charakter przeprowadzonych badań, wykorzystujących rozpoznane w literaturze procesy, umożliwia odniesienie uzyskanych wyników badań do wyników otrzymanych przez innych badaczy. W pracy nie zaproponowano nowej metodyki badawczej, ale odniesiono już znane rozwiązania metodyczne do nowego rodzaju substratu.

W rozdziale 4 pt. „Publications" Doktorantka wyszczególnia trzy publikacje naukowe, podając w nich procentowy wkład pracy. Publikacje są ze sobą powiązane tematyczne i stanowią cykl, będący osiągnięciem naukowym Doktorantki. Są to artkuły opublikowane w czasopismach o międzynarodowym zasięgu i poddane procesowi recenzji, o wartości całkowitej Imapct Factor 13,027.

Rozdział 5 pt. „Research results in the thematically related series of publications" poświęcony jest zagadnieniom badawczym mającym na celu weryfikację postawionych hipotezy. W rozdziale tym Doktorantka odniosła się do badań opublikowanych w powyższych publikacjach naukowych, dzieląc rozdział na pięć podrozdziałów i opisała zagadnienia dotyczące: rozpoznania mechanizmu zarastania ceramicznej membrany filtracyjnej w procesie ultrafiltracji serwatki, mikrofiltracji maślanki z uwzględnieniem skuteczności frakcjonowania białek serwatkowych i mechanizmu zanieczyszczenia membrany, identyfikacji czynników

wpływających na wydajność procesu filtracji, określenia możliwości odzysku laktozy z permeatów pozyskanych w wyniku procesu ultra- i diafiltracji serwatki i maślanki oraz ewentualnego wykorzystania ich, jako substratów do produkcji biogazu w procesie mezofilowej fermentacji metanowej wraz z określeniem potencjału energetycznego biogazu i zastosowania, jako źródła energii zabezpieczającego potrzeby energetyczne wybranego obiektu mleczarni.

Wszystkie podrozdziały są skonstruowane w ten sam sposób, tj. zawierają zwięzłe wprowadzenie, nakreślające istotę problemu badawczego, część wynikową, którą stanowią oryginale fragmenty opublikowanych artykułów, adekwatne do tematów podrozdziałów, oraz krótkie podsumowanie przeprowadzonych badań.

Podrozdział 5.1. odnosi się do treści jednego artykułu (artykuł P1), podobnie jak podrozdział 5.2 (do artkuł P2). W rozdziale 5.3 wprowadzono treści zaczerpnięte z dwóch artykułów (artykuł P1 i P2). W rozdziale 5.4, 5.5 wprowadzono treści zaczerpnięte z jednego artykułu (artykuł P3). Wkład Doktorantki w powyższe publikacje jest wysoki i wynosi odpowiednio artykuł P1 i P3 - 70% i artykuł P3 - 75%.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że zarówno metodyka badań, jak i etapy badań są spójne i zostały zdefiniowane przez Doktorantkę w sposób prawidłowy, zgodny z założonym celem rozprawy. Wyniki badań zostały opisane w sposób logiczny, a tabele, rysunki i wzory matematyczne, które są integralną cześć publikacji, stanowiących załączniki do ocenianej dysertacji, umożliwiły ich właściwą interpretację i ocenę.

Rozdział 6 to pt. „Summary and conclusions" zawiera trzy strony tekstu. Doktorantka, na podstawie uzyskanych wyników badań dowiodła prawdziwości postawionych hipotez badawczych, formułując jedenaście wniosków o dużym stopniu szczegółowości. Ponadto na wstępie rozdziału wykazano aspekty nowości prowadzonych badań przedstawiając je w postaci pięciu stwierdzeń.

Pod względem edycyjnym dysertacja nie budzi zastrzeżeń. Oceniając styl pracy można stwierdzić, że językowo jest on właściwy i spójny, natomiast ewentualne błędy i nieścisłości uważam za niewielkie i nie rzutujące na jej ogólną ocenę.

5. Ogólna cena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Istnieje ścisła korelacja pomiędzy przeprowadzonymi badaniami podstawowymi wnikającymi w istotę procesów, a ich praktycznym wykorzystaniem, co w mojej opinii jest znaczącym wkładem Doktorantki w rozwój nauki. Pani mgr inż. Justyny Tarapata jest

badaczem, który potrafi planować eksperyment, realizować założone badania oraz poprawnie analizować wyniki badań, prezentując je w znaczących czasopismach naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorantka zrealizowała postawiony cel główny pracy tj: „The main objectives of the study were to assess the fractionation efficiency of membrane filtration of dairy streams, to indicate major foulants during filtration processes, to relate the model parameters of a resistance-in-series (RIS) model to the different feed tested and to assess the possibility of valorizing the permeates generated during diafiltration (DF) by using them in biogas production and comparing their effects with typical ultrafiltration (UF) permeates".

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki przyczyniły się do lepszego poznania mechanizmu zarastania membran. Wykazano, że głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za zmniejszenie wydajność ultrafiltracji serwatki były β-laktoglobulina i α-laktoalbumina zaadsorbowane na powierzchni membrany i na ścianach porów. Natomiast wydajność membrany mikrofiltracyjnej została zmniejszona przez warstwę placka utworzoną przez kazeinę. Istotną nowością pracy jest określenie zmian parametrów modelu oporów szeregowych w czasie filtracji strumieni mleczarskich, uzyskanych w warunkach przemysłowych oraz sformułowanie ogólnego równania opisującego zmiany masy osadzonej na powierzchni membrany w czasie mikrofiltracji maślanki. Wykazano, że poprzez mikrofiltrację maślanki, która została poddana intensywnej obróbce cieplnej, możliwe jest frakcjonowanie α-laktoalbuminy. Doktorantka na stwierdziła, że permeaty po ultrafiltracji i diafiltracji serwatki oraz maślanki mogą zostać poddane procesowi fermentacji metanowej i stanowić wartościowe źródło biometanu. Ponadto Doktorantka w oparciu o uzyskane wyniki badań i dane literaturowe, dokonała bilansu energetycznego wybranego obiektu mleczarni, stwierdzając, że w przypadku zakładu mleczarskiego stosującego ultrafiltrację i diafiltrację serwatki oraz maślanki, wykorzystanie permeatu w procesie fermentacji metanowej może dostarczyć energii, w ilości która pokryje zapotrzebowanie energetyczne zakładu.

Reasumując rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorantka pozyskała wiedzę teoretyczną niezbędną do zrealizowania zaplanowanego zadania badawczego, o istotnym znaczeniu interdyscyplinarnym. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wszystkie artykuły, składające się na opisany cykl badawczy, zostały opublikowane w 2022 roku, co wskazuje na dużą aktywność publikacyjną Doktorantki w tym okresie.

6. Uwagi krytyczne

Główne uwagi krytyczne skierowane są w odniesieniu do rozdziału 2, pt.: „Objectives". W mojej opinii wskazane byłoby, w przypadku przedstawionego przez Doktorantkę celu pracy, rozważenie sformułowania celu naukowego, jak i celu utylitarnego, co nasuwa się w sposób oczywisty po zapoznaniu się w z treścią rozprawy. Sformułowanie celu naukowego i utylitarnego pozwoliłoby na postawienie adekwatnych do nich hipotez badawczych. Sformułowane przez doktorantkę hipotezy badawcze powinny zostać w mojej opinii przeredagowane, aby wskazywać na lukę badawczą, która wymaga potwierdzenia i zostać odniesione ściśle do postawionego przez Doktorantkę celu głównego dysertacji. Hipotezy badawcze trzecia i czwarta wymagają sprecyzowania odnośnie substratu, poddanego procesowi biochemicznego rozkładu w warunkach beztlenowych. Ponadto w mojej opinii mogłyby zostać zawężone do jednej, bardziej syntetycznej hipotezy. Uważam, że zapisy skrótowe, znajdujące się w tekście tak istotnego elementu dysertacji, jakim są hipotezy badawcze, wymagają rozwinięcia.

Ponadto postawione przez Doktorantkę cele szczegółowe, są w mojej opinii, jedynie etapami, które mają doprowadzić do osiągniecia sformułowanego celu ogólnego.

Zawarty w spisie treści punkt „Materials and Methods" wymaga uzupełnienia i podziału na podrozdziały, zgodnie z dalszą treścią pracy.

Część pracy dotycząca wyników badań stanowi adekwatny do tytułów rozdziałów opis, w którym doktorantka nie zawarła jednak rysunków, ani tabel, znajdujących się w opublikowanych materiałach, stosując jedynie odpowiednie dla nich odniesienia. Uważam, że wprowadzenie graficznej interpretacji uzyskanych wyników badań i ich przypisanie do rozważań naukowych byłoby w tym punkcie wskazane.

W części podsumowującej pracy, rozdział 6 pt.: „Summary and conclusions" zabrakło rozważań na temat przesłanek dotyczących wyboru fermentacji metanowej, jako jednej z alternatyw zagospodarowania produktów ubocznych, powstających podczas frakcjonowania składników mleka. Uważam, że tytuł rozdziału mógłby zostać uzupełniony o słowo „future perspectives" i poszerzony o informację wskazujące na dalsze kierunki badań i konieczność uzupełninia eksperymentów, dotyczących fermentacji metanowej wybranych substratów, ale prowadzonej już w warunkach półciągłych lub ciągłych. Ponadto rozwinięcie metodyki badawczej o oznaczenia produktów pośrednich fermentacji metanowej, jak też badania mikrobiologiczne, byłoby istotnym uzupełnieniem, niezbędnym dla określenia przebiegu

procesu oraz jego efektywności. Poszerzenie badań miałoby bezpośrednie przełożenie na faktyczne, praktyczne wykorzystanie proponowanych rozwiązań na obiektach przemysłowych.

Ponieważ pracę stanowią opublikowane, w czasopismach znajdujących się bazie Journal Citation Reports materiały, które ze względu na obowiązujące procedury wydawnicze zostały poddane procesowi weryfikacji i wielokrotnej recenzji, w istocie trudno o inne uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym. Kilka pomyłek edycyjnych i stylistycznych, które odnotowałam w pracy, nie umniejsza jej wartości, dlatego nie uwzględniłam ich w recenzji.

7. Wnioski końcowe

Podsumowując, przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską Pani **mgr inż. Justyny Tarapata** oceniam, jako wartościową. Doktoranta wykazał się dobrą znajomością narzędzi badawczych oraz innowacyjnością w podejściu do założonego celu badawczego. Praca zawiera elementy nowości i stanowi istotne rozszerzenie badań dotyczących frakcjonowania składników mleka i możliwości dalszego wykorzystania produktów ubocznych procesu, nawiązując do idei „zero waste". Przedstawiona do recenzji rozprawa nie jest pozbawiona pewnych błędów i nieścisłości, ale mieszczą się w granicach akceptowalnych dla warsztatu badacza i nie mają znamion błędów kardynalnych, nie rzutując tym samym na ogólną, dobrą ocenę pracy.

Podsumowując ocenę przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. **mgr inż. Justyny Tarapata** stwierdzam, że stanowi ona oryginalne osiągnięcie o charakterze poznawczym i utylitarnym. Praca dostarcza nowych informacji na temat frakcjonowania składników mleka z wykorzystaniem procesów membranowych, jak również waloryzacji produktów ubocznych otrzymanych w efekcie filtracji membranowej poprzez wykorzystanie produktów ubocznych z produkcji mleka do generowania biogazu w procesie fermentacji metanowej. Interdyscyplinarny charakter pracy o wysokim stopniu aplikacyjności, przeprowadzony właściwie przegląd literatury, jej realizacja wymagająca przeprowadzenia badań podstawowych i technologicznych, jak również poprawna interpretacja uzyskanych wyników badań, wskazują na dobre kompetencje naukowe Doktorantki i samodzielność, jako badacza. Dlatego uważam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani **mgr inż. Justyny Tarapata** pt. „Frakcjonowanie składników mleka i waloryzacja produktów ubocznych otrzymanych poprzez filtrację membranową w produkcji mleczarskiej" w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2022 poz. 85). Tym samym wnioskuję do Rady

Dyscypliny Naukowej Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o jej dopuszczenie do kolejnych czynności w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie Technologia Żywności i Żywienia.

Zdzisława Iwona