

Bydgoszcz, dn. 12.02.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Chudej pt. „Ocena przebiegu oczyszczania pofermentu z wykorzystaniem procesów fizykochemicznych oraz metody osadu czynnego z dozowaniem zewnętrznego źródła węgla ” wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Ziemińskiego, prof. uczelni z Katedry Biotechnologii Środowiskowej Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej

1. Podstawa recenzji

Podstawę przygotowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Chudej zatytułowanej: „Ocena przebiegu oczyszczania pofermentu z wykorzystaniem procesów fizykochemicznych oraz metody osadu czynnego z dozowaniem zewnętrznego źródła węgla” stanowi pismo z dnia 05.01.2024 r. sygnowane przez dr hab. inż. Annę Diowkszą, prof. uczelni, Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej, w którym zamieszczono informację o powołaniu mnie uchwałą nr 73/2021 Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia z dnia 06.07.2021 r. na recenzenta niniejszej rozprawy.

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Chudej wpisuje się w moje zainteresowania naukowo-badawcze, co czyni mnie upoważnionym do przygotowania recenzji.

2. Uwagi ogólne dotyczące rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana pod kierunkiem promotora, dr hab. inż. Krzysztofa Ziemińskiego, prof. uczelni w Katedrze Biotechnologii Środowiskowej Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej.

Dysertacja obejmuje cykl pięciu publikacji składający się z oryginalnych prac eksperymentalnych opublikowanych w latach 2021-2023:

1. Aleksandra Chuda, Krzysztof Ziemiński, 2021. Digestate mechanical separation in industrial conditions: Efficiency profiles and fertilising potential. *Waste Management* 128, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.049>. IF 8,82. 200 pkt MNiSW.),
2. Aleksandra Chuda, A., Krzysztof Ziemiński, 2021. Challenges in Treatment of Digestate Liquid Fraction from Biogas Plant. Performance of Nitrogen Removal and Microbial Activity in Activated Sludge Process. *Energies* 14(21), 7321. <https://doi.org/10.3390/en14217321>. IF 3,25. 140 pkt MNiSW,
3. Aleksandra Chuda, Aanna Otlewska, Krzysztof Ziemiński, 2023. Insights into the Microbial Community Structure in the Biodegradation Process of High-Strength Ammonia Digestate



- Liquid Fraction in Conventional Activated Sludge System. *BioResources* 18(2), 3540–3559. <https://doi.org/10.15376/biores.18.2.3540-3559>. IF 1,50. 100 pkt MNiSW,
4. Aleksandra Chuda, Konrad Jastrząbek, Krzysztof Ziemiński, 2022. Changes in the Composition of Digestate Liquid Fraction after Ozone and Ultrasonic Post-Treatment. *Energies* 15(23), 9183. <https://doi.org/10.3390/en15239183>. IF 3,20. 140 pkt MNiSW,
 5. Aleksandra Chuda, Krzysztof Ziemiński, 2023. Ultrafiltration of digestate liquid fraction by hollow-fiber membranes: Influence of digestate pre-treatment on hydraulic capacity and nutrient removal efficiency. *Chemical Engineering Journal* 473, 145426. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.145426>. IF 15,10. 200 pkt MNiSW.

Rozprawa liczy 164 strony i podzielona jest na 15 rozdziałów, w tym sekcje dotyczące części badawczej pracy (Wstęp i cel pracy, rozdziały poświęcone przeprowadzonym badaniom, Wnioski, Literatura, Streszczenie w języku polskim i angielskim, Spis rysunków) oraz sekcje przedstawiające dorobek naukowy doktorantki, wykaz publikacji składających się na cykl oraz ich tekst, a także informacje o charakterze udziału współautorów w publikacjach składających się na rozprawę doktorską.

Pani Aleksandra Chuda przygotowując syntetyczny opis cyklu prac składających się na rozprawę doktorską wykorzystwała 102 pozycje piśmiennictwa, z czego 67 (65,7%) to publikacje z ostatnich 10 lat, 33 (32,4%) z ostatnich 5 lat, a 99 (97,1%) to prace badaczy zagranicznych. Wszystkie użyte pozycje piśmiennictwa są publikacjami w języku angielskim.

W pierwszej pracy oryginalnej wchodzącej w skład cyklu Doktorantka powołuje się na 54 pozycje piśmiennictwa, z czego 28 (51,9%) źródeł pochodzi z ostatnich 10 lat, a 52 pozycje piśmiennictwa to opracowania autorów zagranicznych. W tym przypadku także wszystkie cytowane pozycje piśmiennictwa są publikacjami w języku angielskim.

Drugą pracę oryginalną Pani mgr inż. Aleksandra Chuda przygotowała w oparciu o 58 publikacji anglojęzycznych, z czego 55 pozycji, to publikacje autorów zagranicznych. Wśród wymienionych źródeł prawie połowa (28 publikacji, 48,3%), to pozycje opublikowane w ostatnim dziesięcioleciu.

W kolejnej pracy wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Doktorantka odniosła się do 42 pozycji literatury, w tym 38 autorów zagranicznych. Prawie 70% to pozycje z ostatnich 10 lat. W tym przypadku także wszystkie cytowane pozycje piśmiennictwa są publikacjami w języku angielskim.

Czwartą pracę oryginalną stanowiącą dorobek naukowy Pani mgr inż. Aleksandra Chuda przygotowała w oparciu o 45 publikacji, wśród których 24 (53,3%) to publikacje z ostatnich 10 lat, a 43 pozycje (95,5%) to prace autorów zagranicznych. Wszystkie wykorzystane pozycje piśmiennictwa są pracami w języku angielskim.

Ostatnia praca cyklu to również publikacja oryginalna, w której treści Doktorantka przywołała cytowania z 40 anglojęzycznych pozycji literatury. 36 pozycji, to publikacje autorów zagranicznych, a 70% to pozycje opublikowane w latach 2014-2023.



Rozprawa doktorska, w części stanowiącej syntetyczny opis cyklu publikacji, zawiera pięć rozbudowanych rycin ilustrujących uzyskane wyniki. Wszystkie zostały prawidłowo przywołane w tekście oraz ujęte w odpowiednich spisach.

Reasumując, układ przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej nie budzi moich zastrzeżeń.

Zarówno kompozycja pracy, jak i proporcje jej poszczególnych rozdziałów są prawidłowe. Pani mgr inż. Aleksandra Chuda poprawnie dobrała także piśmiennictwo, do którego odwoływała się przygotowując swoją dysertację. Opiera się głównie na pozycjach zagranicznych, anglojęzycznych pochodzących z ostatnich 10 lat. Załączone ryciny są prawidłowo skonstruowane, przejrzyste i znacznie wzbogacają treść rozprawy, jednocześnie ułatwiając odbiór przedstawionych treści. Praca napisana jest jasnym, zrozumiałym i naukowym językiem. Wszystko to wskazuje na bardzo dobre opanowanie przez Doktorantkę zasad przygotowania i redagowania prac naukowych.

Kończąc ten punkt recenzji mam kilka drobnych uwag natury edytorskiej:

- w pracy brakuje rozwinięcia skrótu ChZT/TN (str. 4)
- skrót NVZ pochodzi z języka angielskiego, a wyjaśniony jest tylko w języku polskim (str. 8)
- skróty TN, TK, TP i TC (str. 22) zostały już wyjaśnione wcześniej
- nazwy łacińskie typów bakterii (Proteobacteria, Bacteroidota i Firmicutes – str. 31) zapisujemy czcionką prostą – kursywą zapisujemy tylko nazwy rodzajów i gatunków
- w głównym spisie piśmiennictwa brakuje pozycji, które pojawiają się w tekście (Rodriguez i in., 2007 - str. 11 i Chuda i Ziemiński (2021) - str. 12)

3. Tematyka rozprawy doktorskiej i jej kontekst

Tytuł pracy trafnie nawiązuje do podjętego problemu badawczego i jest spójny z treścią rozprawy.

Bez wątpienia największym atutem recenzowanej pracy jest jej aplikacyjny charakter. Pani mgr inż. Aleksandra Chuda przeprowadziła badania we współpracy z firmą Südzucker Polska S.A. należąca do europejskiej Grupy Südzucker, które w sposób bezpośredni przekładają się na możliwość zastosowania ich wyników w praktyce przemysłowej i rozwiązaniu realnego problemu. Badania te miały na celu zoptymalizowanie technologii oczyszczania pofermentu z biogazowni zasilanej wysłodkami buraczanymi z wykorzystaniem procesów fizykochemicznych oraz metody osadu czynnego.

Wzrost zainteresowania fermentacją beztlenową jako metodą przetwarzania odpadów i produkcji energii odnawialnej skutkuje rosnącą liczbą biogazowni, a w rezultacie



powstawaniem dużych ilości pofermentu i koniecznością poszukiwania alternatywnych, bezpiecznych i efektywnych metod jego przetwarzania.

Według stanu na 14 marca 2023 r. do rejestru wytwórców biogazu rolniczego na terenie Polski wpisanych było 146 instalacji. Biogazownia rolnicza definiowana jest jako instalacja odnawialnego źródła energii, w której wytwarzany jest gaz powstający w trakcie procesu fermentacji metanowej. Jedną z ich wad jest duża ilość masy pofermentacyjnej, która powstaje w trakcie ich funkcjonowania. Szacuje się, że rocznie, w zależności od wielkości biogazowni, ilość pofermentu może dochodzić do tysięcy ton. Tak duża ilość odpadu może nastręczać kłopotów związanych z jego zagospodarowaniem, w związku z czym stale poszukuje się nowych metod mogących w optymalny sposób rozwiązać problem dużych ilości pofermentu. Właściwe wykorzystanie pofermentu zależy w dużej mierze od jego składu chemicznego i stopnia stabilności biologicznej, o czym decyduje rodzaj zastosowanego substratu i charakterystyka procesu fermentacji. Aktualnie, znanych jest kilka metod wykorzystania osadu pofermentacyjnego, a każda z nich posiada zarówno wady, jak i zalety. Jednym z potencjalnych zastosowań jest zagospodarowanie w rolnictwie, jako nawóz. Jednakże ze względu na właściwości fizykochemiczne pofermentu i jego zróżnicowany wpływ na środowisko (ryzyko eutrofizacji wód powierzchniowych, zakwaszenie gleb oraz emisja gazów cieplarnianych), pojawiają się ograniczenia tego rozwiązania. Kolejny aspekt stanowi ilość pofermentu w odniesieniu do terenów rolnych znajdujących się na terytorium Polski, a także możliwość jego wykorzystania tylko w ściśle określonym czasie, tj. tylko w okresie wegetacyjnym lub wzrostu wegetatywnego roślin. Stąd też poszukuje się innych metod oczyszczania, a tym samym potencjalnego zastosowania tych odpadów. Istotnym zagadnieniem jest rozdział pofermentu na część ciekłą i stałą, a następnie zagospodarowaniem każdej z tych frakcji. Jednym z potencjalnych rozwiązań może być potraktowanie ciekłej frakcji pofermentu jak ścieków i ich oczyszczanie z zastosowaniem metody osadu czynnego. O skuteczności i efektywności tego procesu decyduje różnorodność drobnoustrojów oraz ich aktywność, na którą wpływ ma: pH, temperatura, stężenie tlenu w komorach reaktora oraz obciążenie osadu ładunkiem azotu i związków organicznych. Kluczowe jest ustalenie rodzaju zewnętrznego źródła węgla dodawanego do frakcji ciekłej, który ma istotny wpływ na społeczność bakterii należących do grup funkcyjnych osadu czynnego, a tym samym na szybkość procesów denitryfikacji i nitryfikacji. Zastosowanie mogą mieć również metody fizykochemiczne, w tym zaawansowane procesy utleniania (ozonowanie i ultrasonikacja), czy filtracja membranowa. Podkreślić należy, że zastosowanie metod oczyszczania pofermentu może się różnić w zależności od surowca stosowanego w biogazowni. Cennym aspektem jest możliwość porównania kilku metod oczyszczania pofermentu, celem określenia wad, zalet i efektywności każdego rozwiązania. Poszukiwanie metod efektywnego i bezpiecznego wykorzystania poszczególnych frakcji jest bardzo ważnym zagadnieniem badawczym. Istotne jest również uwzględnienie metod biologicznych, fizycznych oraz chemicznych. Trudności z prawidłowym i bezpiecznym zagospodarowaniem podczas pracy biogazowni odpadów pofermentacyjnych to stały i aktualny problem badawczy. Rozwiązanie tego problemu niesie za sobą zyski ekonomiczne, a także środowiskowe.

Przedstawiony powyżej opis kontekstu naukowego podjętego problemu badawczego jednoznacznie wskazuje, że rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej dostarcza wielu informacji i wskazówek przydatnych w poszukiwaniu rozwiązań opisanych powyżej problemów i wyzwania.

4. Szczegółowa ocena rozprawy doktorskiej

Podstawę rozprawy doktorskiej stanowi cykl pięciu oryginalnych publikacji naukowych. We wszystkich pracach Doktorantka jest pierwszym autorem, a jej udział w powstaniu publikacji oszacowany został odpowiednio na: 65, 70, 60, 70 i 80%. W publikacjach Doktorantka opracowała koncepcję badań i określiła zakres przeprowadzonego eksperymentu. Odpowiadała także za realizację doświadczenia w warunkach przemysłowych, wykonanie analiz, interpretację i dyskusję uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu. W trzeciej, czwartej i piątej publikacji Pani mgr inż. Aleksandra Chuda pełni również funkcję autora korespondencyjnego. Udział Doktorantki potwierdzają stosowne oświadczenia podpisane przez wszystkich współautorów i załączone do rozprawy doktorskiej. Bez wątpienia można więc uznać Panią mgr inż. Aleksandrę Chudą za głównego autora wszystkich prac. Sumaryczna, aktualna punktacja cyklu prac wynosi: IF – 31,87 i MEiN – 780 pkt. W mojej opinii jest to wartość wręcz imponująca i w pełni spełnia wszystkie kryteria stawiane cyklom publikacji stanowiącym podstawę rozprawy doktorskiej.

Bezsporną zaletą rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Chudej, jest też fakt, że przygotowała ona syntetyczny opis metodyki i wyników z odwołaniem do poszczególnych publikacji i nie pozostawiła czytelnika tylko za załączonymi tekstami artykułów naukowych.

Doktorantka w wstępie swojej rozprawy skupia się na rosnącym znaczeniu instalacji biogazowych jako kluczowego elementu gospodarki o obiegu zamkniętym i realizacji idei „zero waste”. Podkreśla, że biogazownie, zlokalizowane przy zakładach przemysłu rolno-spożywczego, mogą przyczynić się do dekarbonizacji systemu energetycznego oraz zrównoważonej gospodarki odpadami. Wskazuje na konieczność efektywnego zagospodarowania pofermentu, będącego produktem ubocznym biogazowni. Opisuje także możliwe metody oczyszczania pofermentu oraz ich kombinacje pozwalające na kompleksowe i skuteczne podejście do zagadnienia jego zagospodarowania. Na podkreślenie zasługuje fakt wykazania związku z celami polityki środowiskowej Parlamentu Europejskiego, takich jak dekarbonizacja i redukcja emisji gazów cieplarnianych. Wskazuje to jednoznacznie na społeczne aspekty badanego problemu. Wstęp pracy jest napisany zwięźle i treściwie, dostarcza niezbędnych informacji dotyczących tematu badawczego, uzasadnia jego istotność i konieczność podjęcia badań w tym zakresie. Doktorantka wskazuje na istotne różnice pomiędzy składem pofermentu odprowadzanego z biogazowni zasilanych wysłodkami buraczanymi, a składem cieczy po fermentacji beztlenowej innych surowców. Rozdział ten w sposób jednoznaczny umiejscawia prowadzone badania w szerszym kontekście naukowym. Doktoranta, bez wątpienia, posiada umiejętność zwięzłego przedstawienia najbardziej istotnych dla czytelnika informacji, korzystając ze zrozumiałego, naukowego języka.



Z obowiązku recenzenta mogę wskazać, że pewnym drobnym mankamentem jest brak jasno sprecyzowanej hipotezy badawczej, którą przeprowadzone badania mają zweryfikować.

Cel pracy został przedstawiony w postaci 5 celów szczegółowych, do których zaliczono przeprowadzenie kompleksowej analizy pofermentu z biogazowni firmy Südzucker Polska S.A., gdzie wykorzystywane były wysłodki buraczane w procesie fermentacji beztlenowej. Założono także optymalizację procesu separacji pofermentu, dobór warunków oczyszczania ciekłej frakcji metodą osadu czynnego z komorą denitryfikacji, oraz analizę wpływu różnych źródeł węgla na strukturę mikroorganizmów w osadzie czynnym. Ostatecznym celem było ustalenie optymalnych parametrów technologicznych oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu za pomocą metod fizykochemicznych, takich jak ultrasonikacja, ozonowanie i ultrafiltracja. Przedstawione cele wskazują na istotne znaczenie rozprawy doktorskiej dla efektywności procesów w biogazowniach oraz rozwinięcia wiedzy w dziedzinie oczyszczania pofermentu. Wszystkie cele sformułowano prawidłowo, zwięźle i jednoznacznie. Znalazły one odzwierciedlenie w przeprowadzonych badaniach i zostały osiągnięte w toku ich realizacji.

Przedstawiony plan eksperymentu obejmował szereg różnorodnych metod mających na celu kompleksową analizę pofermentu z biogazowni firmy Südzucker Polska S.A. Pierwszy etap to analiza fizykochemiczna pofermentu, obejmująca określenie składu i porównanie pozostałości z biogazowni zasilanej różnymi surowcami. Kolejny krok to mechaniczna separacja pofermentu w wirówce dekantacyjnej, gdzie badano wpływ parametrów pracy na skuteczność separacji oraz analizowano skład frakcji ciekłej i stałej. Następnie przeprowadzono biologiczne oczyszczanie ciekłej frakcji osadem czynnym z dozowaniem zewnętrznego źródła węgla, analizując populację mikroorganizmów i porównując różne źródła węgla. Kolejne etapy obejmowały analizę struktury osadu czynnego podczas oczyszczania ciekłej frakcji, ozonowanie, ultrasonikację i filtrację membranową ciekłej frakcji. W przypadku ozonowania analizowano wpływ dawki ozonu i pH na efektywność oczyszczania, natomiast podczas ultrasonikacji ustalano wpływ energii ultradźwięków i amplitudy na efektywność oczyszczania. Ostateczny etap to filtracja membranowa ciekłej frakcji pofermentu, gdzie badano wpływ obróbki wstępnej na skuteczność ultrafiltracji i analizowano parametry uzyskanych permeatów. Plan badań w ramach rozprawy doktorskiej jest kompleksowy, obejmując różnorodne metody analiz, co potwierdza jego zaawansowanie i bardzo szeroki zakres prac badawczych. Wskazuje to jednoznacznie na bardzo dobry warsztat naukowy Doktorantki i jej zaawansowanie w zakresie różnych metod i technik laboratoryjnych.

Wyniki założonych badań Pani mgr inż. Aleksandra Chuda przedstawiła w cyklu 5 oryginalnych artykułów naukowych.

Publikacja 1 koncentruje się na problemach zagospodarowania pofermentu w biogazowniach. Badania przeprowadzone w warunkach przemysłowych oceniły wpływ parametrów pracy wirówki dekantacyjnej na skuteczność separacji pofermentu. Dodatkowo, zbadano wpływ dodatku flokulantów poliakryloamidowych na skład frakcji ciekłej i stałej. Wyniki wskazały, że dodatek flokulantu znacząco poprawił skuteczność usuwania suchej masy i substancji

organicznej podczas wirowania. Frakcja ciekła po procesie zawierała mniej azotu, potasu oraz fosforu w porównaniu do frakcji stałej.

Publikacja 2 dotyczy opracowania metody biologicznego oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu z biogazowni rolniczej w okresach, gdy nie można go wykorzystać jako nawozu. Opisano wykorzystanie aktywowanego osadu czynnego z oddzielną komorą denitryfikacji, przy użyciu różnych źródeł węgla zewnętrznego, takich jak kwas octowy, woda splawiakowa i melasa, w celu wspomaganie procesu denitryfikacji. Badania podkreślają wpływ rodzaju źródła węgla na efektywność usuwania azotu i związków organicznych.

Publikacja 3 skupia się na biodegradacji ciekłej frakcji pofermentu w oparciu o metodę osadu czynnego, wykorzystując kwas octowy, wodę splawiakową i melasę jako źródła węgla. Badania opisują wpływ rodzaju i ilości dostarczanego źródła węgla na strukturę mikroorganizmów w osadzie czynnym oraz efektywność biodegradacji. Wyniki wskazują, że różnorodność mikroorganizmów i skład osadu mają istotny wpływ na proces usuwania zanieczyszczeń z ciekłej frakcji pofermentu. Badania sugerują, że ścieki z cukrowni mogą stanowić alternatywne źródło węgla, wspierając efektywność procesu w ramach gospodarki o obiegu zamkniętym.

Publikacja 4 koncentruje się na problemie zanieczyszczenia środowiska przez poferment. W pracy oceniono wpływ trzech metod oczyszczania (ozonowanie, ultrasonikacja i kombinacja obu) na zawartość substancji stałych, stężenie składników odżywczych i biodegradowalność ciekłej frakcji pofermentu z wysłodków buraczanych. Wyniki wskazują, że zastosowanie ozonowania i ultrasonikacji, zarówno indywidualnie, jak i w kombinacji, poprawia biodegradowalność ciekłej frakcji pofermentu, co wspiera efektywne zarządzanie tym produktem w rolnictwie. Kombinacja ozonowania i ultrasonikacji wydaje się skuteczniejsza niż procesy pojedyncze, zwłaszcza w przypadku pierwszej ultrasonikacji, a następnie ozonowania, co przyczynia się do lepszych rezultatów w biodegradowalności i rozpuszczalności ciekłej frakcji pofermentu.

Publikacja 5 dotyczy zastosowania procesu ultrafiltracji pofermentu z wysłodków buraczanych. Badania oceniają skutki różnych strategii obróbki wstępnej tej substancji, takich jak odwirowanie, koagulacja chlorkiem poliwalentowym, biokoagulacja chitozanem i flokulacja poliakryloamidem, w celu zmniejszenia zabrudzenia membrany i poprawy jakości permeatu. Wyniki wskazują na możliwość efektywnej filtracji ciekłej frakcji pofermentu po odpowiedniej obróbce wstępnej. Wyniki wskazują, że technologie membranowe mogą być rozważane jako potencjalne rozwiązanie dla efektywnego zarządzania tego rodzaju odpadami przemysłowymi.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników Pani mgr inż. Aleksandra Chuda sformułowała 7 wniosków, które są uprawnione i wynikają z uzyskanych rezultatów. Wnioski są konkretne i jednoznaczne.

Badania wykazały, że mechaniczna separacja w wirówce dekantacyjnej stanowi efektywną metodę obróbki wstępnej pofermentu, szczególnie przy optymalnych parametrach operacyjnych i zastosowaniu flokulantu poliakrylamidowego o dużej gęstości ładunku. Wpływa to istotnie na skład frakcji ciekłej i stałej pofermentu. Oczyszczanie ciekłej frakcji



pofermentu za pomocą osadu czynnego z wydzieloną komorą denitryfikacji okazało się skuteczne, przy czym rodzaj i ilość zewnętrznego źródła węgla wpływają istotnie na procesy denitryfikacji i nityfikacji, oraz efektywność usuwania azotu i związków organicznych. Woda splawiakowa z cukrowni może pełnić rolę alternatywnego źródła węgla do intensyfikacji denitryfikacji podczas biologicznego oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu. Ozonowanie i ultrasonikacja okazały się skutecznymi metodami oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu, a ich połączenie znacząco zwiększało efektywność oczyszczania. Kolejność przeprowadzania tych procesów ma istotne znaczenie. Wreszcie, filtracja membranowa z wykorzystaniem chitozanu jako alternatywy dla syntetycznych koagulantów i flokulantów okazała się skutecznym sposobem oczyszczania pofermentu poddanego obróbce wstępnej. Otrzymane wyniki mają istotne implikacje dla zrównoważonego zarządzania pofermentem z biogazowni.

5. Ocena dorobku naukowego

Poza cyklem 5 prac składających się na rozprawę doktorską, mgr inż. Aleksandra Chuda jest współautorką jednej publikacji naukowej. Parametry bibliometryczne całego dorobku publikacyjnego Doktorantki, to: łączny wskaźnik IF – 31,87 i sumaryczna punktacja MEiN – 786 (wartości na dzień 04.12.2023 r.). W dorobku znajdują się też dwa wystąpienia na konferencjach krajowych oraz 5 posterów zaprezentowanych na konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Pani mgr inż. Aleksandra Chuda legitymuje się też dorobkiem organizacyjnym, współpracą z otoczeniem gospodarczym, praktykami i stażami oraz była beneficjentką nagród i stypendiów.

W mojej opinii dorobek ten jest wystarczająco duży i wskazuje na aktywność naukową i organizacyjną Doktorantki wykraczającą poza przygotowanie rozprawy doktorskiej.

6. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej stanowi nowatorskie i kompleksowe podejście do problematyki zagospodarowania pofermentu, uwzględniając rozwój gospodarki niskoemisyjnej i dążenie do ograniczenia korzystania z zasobów nieodnawialnych.

Tematyka rozprawy i wypracowane rozwiązania wpisują się we wszystkie trendy obowiązujące obecnie w aspekcie troski o środowisko, a więc „One Health”, „Zero Waste”, czy Zrównoważony Rozwój.

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej uzupełnia również istniejącą lukę w obecnym stanie wiedzy, dotyczącą możliwości oczyszczania pofermentu odprowadzanego z biogazowni zasilanej wysłodkami buraczanymi.

Przeprowadzone przez doktorantkę badania wskazują na doskonale opanowanie przez nią różnych technik badawczych z zakresu fizykochemii, mikrobiologii, biochemii i biologii molekularnej, czyniąc ją badaczem interdyscyplinarnym. Dodatkowo, Autorka prezentuje ponadprzeciętne zaangażowanie w wymiarze publikacyjnym.



Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska porusza bardzo istotny i powszechny problem. Wybrana tematyka jest bardzo interesująca, a w dostępnym piśmiennictwie niewiele jest prac poruszających tego typu zagadnienia. Ponadto niezwykle cenny jest walor aplikacyjny rozprawy i jej bezpośrednie przełożenie na rozwiązanie realnego problemu badawczego.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej spełnia wszystkie wymogi zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 nr 65 poz. 595 z póź. zm.), Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora, Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. (Dz.U. 2018 poz. 261) oraz Przepisami wprowadzającymi ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669 z póź. zm.) i wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Chudy do dalszych etapów przewodu doktorskiego i wyróżnienie rozprawy doktorskiej (stosowny wniosek z uzasadnieniem w załączniku).

Kierownik
Zakładu Oceny Działań
Przeciwdrobnoustrojowych
Krzysztof Skowron
dr hab. inż. Krzysztof Skowron, prof. UMK
Katedra Mikrobiologii

1. The first part of the document
describes the general situation
of the company and its
activities. It also mentions
the main objectives of the
project and the role of the
participants.

2.

Bydgoszcz, 12.02.2024

dr hab. inż. Krzysztof Skowron, prof. UMK
Katedra Mikrobiologii
Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Uzasadnienie wyróżnienia rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Chudej
pt. "Ocena przebiegu oczyszczania pofermentu z wykorzystaniem procesów
fizykochemicznych oraz metody osadu czynnego z dozowaniem zewnętrznego źródła węgla"**

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej stanowi nowatorskie podejście do problematyki zagospodarowania pofermentu, uwzględniając rozwój gospodarki niskoemisyjnej i dążenie do ograniczenia korzystania z zasobów nieodnawialnych. W obliczu rosnącej liczby biogazowni, generujących znaczące ilości pofermentu, Autorka skoncentrowała się na poszukiwaniu nowych i kompleksowych metod przetwarzania pozostałości po procesie fermentacji beztlenowej. Zagadnienie to jest bardzo ważne, gdyż stosowane dotychczas na największą skalę rolnicze zagospodarowanie pofermentu do celów nawozowych może stwarzać szereg zagrożeń ekologicznych, jak np. eutrofizacja. Z tego względu poszukiwanie przez Doktorantkę optymalnej technologii oczyszczania pofermentu jest niezwykle istotne zarówno z punktu widzenia rolnictwa, jak i ekologii. **Tematyka rozprawy i wypracowane rozwiązania wpisują się we wszystkie trendy obowiązujące obecnie w aspekcie troski o środowisko, a więc „One Health”, „Zero Waste”, czy Zrównoważony Rozwój.**

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej uzupełnia również istniejącą lukę w obecnym stanie wiedzy, dotyczącą możliwości oczyszczania pofermentu odprowadzanego z biogazowni zasilanej wysłodkami buraczanymi. Odmienność procesów oraz wynikająca z tego potrzeba prowadzenia badań związana jest chociażby ze znaczącą różnicą pomiędzy jego składem, a składem cieczy po fermentacji beztlenowej innych surowców.

Praca doktorska mgr inż. Aleksandry Chudej powstała we współpracy z otoczeniem gospodarczym (firmą Südzucker Polska S.A.). Obecnie rozprawy pozwalające na rozwiązanie realnych potrzeb przemysłu są niezwykle cenne. Dzięki temu współdziałaniu, Doktorantka przebadala i zaproponowała kompleksowe rozwiązanie łączące procesy fizykochemiczne, takie jak ultrasonikacja, ozonowanie i filtracja membranowa, z wykorzystaniem metody osadu czynnego. W swoich badaniach Autorka potwierdziła skuteczność mechanicznej separacji w wirówce dekantacyjnej, zwłaszcza przy optymalizacji parametrów operacyjnych i zastosowaniu flokulantu poliakrylamidowego. Osad czynny z wydzieloną komorą denitryfikacji okazał się efektywnym narzędziem do oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu, szczególnie przy optymalnym wyborze rodzaju i ilości zewnętrznego źródła węgla (istotny wpływ na strukturę populacji mikroorganizmów i skuteczność procesów



denitryfikacji i nityfikacji). Dodatkowo, praca wskazuje, że połączenie ozonowania i ultrasonikacji przynosi wyższą efektywność, a stosowanie chitozanu jako alternatywy dla koagulantów wykazuje potencjał w zrównoważonych praktykach oczyszczania pofermentu. **Te innowacyjne metody stanowią istotny krok w rozwoju technologii oczyszczania pofermentu, otwierając nowe perspektywy dla przemysłu biogazowego.**

Przeprowadzone przez doktorantkę badania wskazują na doskonałe opanowanie przez nią różnych technik badawczych z zakresu fizykochemii, mikrobiologii, biochemii i biologii molekularnej, czyniąc ją badaczem interdyscyplinarnym. Dodatkowo, autorka prezentuje ponadprzeciętne zaangażowanie w wymiarze publikacyjnym. Pięć artykułów naukowych, składających się na osiągnięcie doktorskie, opublikowanych w renomowanych czasopismach o wysokim impact factor i zasięgu międzynarodowym (np. Waste Management – IF 8,82, 200 pkt; Energies – IF 3,25, 140 pkt (2 prace); BioResources – IF 1,5, 100 pkt; Chemical Engineering Journal – IF 15,1, 200 pkt), świadczy o globalnym znaczeniu prezentowanych wyników i ich potencjalnym wpływie na rozwój dyscypliny.

Z uwagi na innowacyjność i kompleksowość prezentowanego podejścia, bardzo staranne i nienaganne merytorycznie przedstawienie problemu badawczego, interdyscyplinarność warsztatu badawczego, współpracę z przemysłem oraz wysoką jakość publikacji, w których zawarte zostały wszystkie wyniki badań, **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Chudej.**

Kierownik
Zakładu Oceny Działań
Przeciwdrobnoustrojowych

dr hab. inż. Krzysztof Skowron, prof. UMK
Katedra Mikrobiologii