



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

Szczecin, 10.11.2025 r.

dr hab. inż. Ewa Janus, prof. ZUT
Katedra Technologii Chemicznej Organicznej
i Materiałów Polimerowych
ul. Pułaskiego 10,
70-322 Szczecin
e-mail: ejanus@zut.edu.pl
tel. +48 91 449 4584

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Wawoczny

pt. „Chemoenzymatyczne przetwarzanie biomasy roślinnej z użyciem mieszanin głęboko eutektycznych”

wykonanej w Katedrze Chemii Organicznej, Bioorganicznej i Biotechnologii, Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Danuty Gillner, prof. PŚ.

Podstawą formalną sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo RDNCh.512.5.2025 Przewodniczącej Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne, prof. dr hab. inż. Doroty Neugebauer z dnia 17 września 2025 r. z informacją o uchwale Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej w sprawie wyznaczenia recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Agaty Wawoczny.

Przedmiot i cel rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska wpisuje się w aktualny i niezwykle istotny nurt badań ukierunkowanych na efektywne oraz zrównoważone wykorzystanie odpadów biomasy pochodzenia roślinnego. We wprowadzeniu do pracy Autorka trafnie wskazała, iż zarówno ogromna ilość powstającej odpadowej biomasy - szacowana w krajach Unii Europejskiej w 2023 roku na około 950 mln ton - jak i jej potencjał jako źródła surowców odnawialnych, uzasadniają potrzebę opracowania efektywnych metod jej waloryzacji, wykraczających poza dotychczasowe zastosowania energetyczne, paszowe i nawozowe. Doktorantka słusznie podkreśla, że biomasa roślinna może stanowić cenny surowiec dla nowoczesnych, proekologicznych technologii, wpisujących się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym.

Głównym celem rozprawy było opracowanie metod waloryzacji biomasy lignocelulozowej jako źródła monocukrów oraz związków bioaktywnych. Doktorantka w sposób przemyślany i uzasadniony wytypowała głęboko eutektyczne mieszaniny do wstępnej obróbki biomasy (trawy, słomy żytniej i łupin orzecha włoskiego) w celu zwiększenia wydajności następczej hydrolizy enzymatycznej, a także do ekstrakcji związków bioaktywnych z dwóch rodzajów odpadowego materiału roślinnego - liści pomidora i kwiatów nagietka.



Cel rozprawy został sformułowany jasno i jednoznacznie, a jego uzasadnienie oparto na rzetelnym przeglądzie literatury i analizie aktualnych tendencji w dziedzinie przetwarzania biomasy. Opracowywanie wydajnych, w tym katalitycznych, procesów konwersji biomasy należy uznać za w pełni uzasadnione z naukowego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Zarówno ciecze głęboko eutektyczne jak i enzymy stanowią ekologiczne, nietoksyczne oraz zgodne z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym rozpuszczalniki i katalizatory. Efektywne zagospodarowanie biomasy w tym kontekście wpisuje się w działania wspierające transformację przemysłową w kierunku gospodarki niskoemisyjnej i zasobooszczędnej.

Forma rozprawy i jej ocena wraz z oceną indywidualnego wkładu doktorantki w powstanie rozprawy

Rozprawa charakteryzuje się logiczną, spójną i przejrzystą strukturą. Została oparta na cyklu sześciu monotematycznych publikacji współautorskich, opublikowanych w latach 2023 - 2025 w czasopismach indeksowanych w bazie JCR, o wysokich współczynnikach wpływu IF wynoszących od 3,3 do 9,5. Publikacje te - wraz z materiałami dodatkowymi i deklaracjami współautorów - stanowią integralną część pracy.

W rozprawie znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji składających się na cykl rozprawy, spis skrótów, określenie celu pracy, wprowadzenie literaturowe, omówienie wyników badań, podsumowanie i wnioski, a także zestawienie całkowitego dorobku naukowego wraz z innymi aktywnościami i osiągnięciami. Ponadto w pracy umieszczono wykaz literatury, spis tabel, spis rysunków oraz deklarowany wkład autorski Doktorantki. Całość opracowania obejmuje 87 stron. Integralną część rozprawy stanowią załączniki 1 i 2.

W załączniku 1 zestawiono w formie tabelarycznej informacje dotyczące wkładu procentowego współautorów publikacji. Dane te potwierdzają dołączone kopie deklaracji określających indywidualny wkład procentowy i merytoryczny każdego ze współautorów, opatrzone ich podpisami. Załącznik 2 stanowią kopie publikacji wchodzących w skład cyklu rozprawy wraz z materiałami uzupełniającymi. Taka forma jest w pełni zgodna z charakterem rozpraw realizowanych w formie cyklu publikacji.

Z załączonych deklaracji współautorów, jednoznacznie wynika dominujący udział procentowy i znaczący wkład merytoryczny Doktorantki w koncepcję i realizację badań, a także w opracowanie wyników i przygotowanie publikacji w różnych jej częściach – od opracowania przeglądu literaturowego, poprzez przygotowanie oprawy graficznej, przeprowadzenie dyskusji i opisu wyników, aż po przygotowanie odpowiedzi na recenzje oraz wprowadzenie niezbędnych poprawek.



W trzech publikacjach udział Doktorantki wynosi 70%, w jednej 65%, w jednej 40%, a w jednej 20%. Jedna praca (**P1**), opublikowana wspólnie z Panią Promotor, w której udział Doktorantki oszacowano na 70%, ma charakter przeglądowy i dotyczy stanu wiedzy w zakresie ekstrakcji związków bioaktywnych z biomasy roślinnej za pomocą rozpuszczalników głęboko eutektycznych. Pozostałe pięć publikacji (P2 – P6) związane jest z przeprowadzonymi przez Doktorantkę badaniami eksperymentalnymi. Dwie z nich są trójautorskie, jedna czteroautorska i dwie mają charakter wieloautorski (z udziałem odpowiednio 11 i 14 współautorów). Należy podkreślić, że z treści deklaracji współautorów i Doktorantki jednoznacznie wynika, które elementy badań i wykonanych analiz stanowią efekt samodzielnej pracy mgr inż. Agaty Wawoczny. Można zauważyć, że mgr inż. Agata Wawoczny odgrywa kluczową rolę w tych publikacjach, wykazując się zarówno samodzielnością w prowadzeniu badań, analizie i interpretacji wyników a także redagowania publikacji oraz umiejętnością współpracy w ramach zespołu autorskiego.

Ocena merytoryczna rozprawy i osiągnięcia badawcze; informacje dotyczące praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników

Rozprawa została opracowana w formie przewodnika po publikacjach, w którym Doktorantka w przejrzysty i interesujący sposób przedstawiła najważniejsze wyniki swoich badań, dzięki czemu lektura poszczególnych publikacji była niezwykle wciągająca i inspirująca. Z dużą przyjemnością zapoznałam się ze wszystkimi pracami, aby w pełni przeanalizować i zrozumieć uzyskane rezultaty.

Przed omówieniem wyników Doktorantka w sposób syntetyczny i logiczny przygotowała **wprowadzenie literaturowe**. Struktura opracowania literaturowego obejmuje trzy rozdziały i jest spójna z celami rozprawy i przedmiotem badań. Rozdział pierwszy omawia budowę, właściwości i zastosowania rozpuszczalników głęboko eutektycznych (DES). Rozdział drugi poświęcono budowie biomasy lignocelulozowej oraz metodom jej przetwarzania, ze szczegółowym omówieniem zagadnień delignifikacji biomasy lignocelulozowej przy użyciu DES, w tym wpływu rodzaju DES i temperatury na efektywność delignifikacji. Poruszono także problematykę odzysku DES po procesie delignifikacji oraz zastosowanie enzymów celulolitycznych w przetwarzaniu biomasy. Trzeci rozdział koncentruje się na ekstrakcji związków bioaktywnych z biomasy roślinnej.

Dobór literatury jest trafny, reprezentatywny, obejmuje najnowsze publikacje, w zdecydowanej większości z ostatnich kilku – kilkunastu lat, zarówno prace badawcze, jak i przeglądowe. Wśród publikacji cyklu, publikacja P1 opublikowana w *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ma charakter artykułu przeglądowego, prezentując aktualny stan wiedzy w zakresie zastosowania DES do



ekstrakcji substancji bioaktywnych z biomasy roślinnej. Materiał literaturowy w pozostałych publikacjach wchodzących w skład cyklu został również starannie opracowany, pełniąc funkcję wprowadzenia i przeglądu aktualnego stanu wiedzy w danym obszarze badań.

Analiza wprowadzenia literaturowego wskazuje, że zostało ono przygotowane w sposób krytyczny, z widocznym zrozumieniem omawianych zagadnień. Doktorantka umiejętnie zidentyfikowała luki badawcze i jasno uzasadniła cel podejmowanych badań. Liczba i jakość wykorzystanych źródeł świadczą o bardzo dobrym rozeznaniu Autorki w literaturze przedmiotu. Wysoki, większościowy udział mgr inż. Agaty Wawoczny w publikacjach, a zwłaszcza w publikacji przeglądowej P1, potwierdza jej samodzielność w zgłębianiu literatury oraz opracowaniu przeglądu.

Badania własne mgr inż. Agaty Wawoczny obejmowały dwa kierunki zagospodarowania i waloryzacji biomasy lignocelulozowej z wykorzystaniem cieczy głęboko eutektycznych. W pierwszym obszarze badań, Doktorantka skupiła się na procesie delignifikacji wybranych surowców lignocelulozowych (trawa, słoma żytnia, łupiny orzecha włoskiego) oraz ocenie wpływu stopnia delignifikacji na efektywność następczej hydrolizy enzymatycznej do cukrów prostych. Wyniki tych badań zostały przedstawione w publikacjach **P2** (*Bioresource Technology*, IF 9,7) oraz **P3** (*Sustainability*, IF 3,3).

W pracy **P2** Doktorantka zastosowała rozpuszczalnik głęboko eutektyczny, złożony z chlorku choliny i kwasu mlekowego (1:2, mol/mol), dobrany na podstawie badań wstępnych. Celem tej części badań było określenie efektywności delignifikacji w trzech typach reaktorów: klasycznym reaktorze okresowym z mieszadłem mechanicznym, reaktorze koszykowym SpinChem® z wirującym koszem oraz nowatorskim reaktorze koszykowym StatBioChem®, zaprojektowanym i opatentowanym przez zespół z Politechniki Śląskiej. Doktorantka wykazała najwyższy stopień delignifikacji (od 76,9% do 81,3%) dla reaktora okresowego i reaktora StatBioChem®. Należy podkreślić, że ten ostatni umożliwił dodatkowo łatwą separację biomasy od rozpuszczalnika po zakończeniu procesu, co stanowi istotną zaletę w kontekście zastosowania praktycznego. Wykazano także możliwość kilkukrotnego odzysku i ponownego wykorzystania DES z niewielką utratą jego właściwości, co potwierdza zasadność zastosowanego podejścia w duchu zielonej chemii. Co istotne, zastosowanie DES, zwłaszcza w odniesieniu do biomasy twardej (łupiny orzecha włoskiego), przyczyniło się do znaczącego zwiększenia wydajności hydrolizy enzymatycznej do cukrów prostych z użyciem celulazy z *Aspergillus niger*. Na szczególne uznanie zasługuje także podjęta przez Doktorantkę próba oceny możliwości wykorzystania reaktora StatBioChem w procesie enzymatycznym. Takie starania były ukierunkowane na potencjalne połączenie dwóch etapów - delignifikacji oraz następczej hydrolizy enzymatycznej - w



jednym układzie reakcyjnym. Tego rodzaju koncepcja zasługuje na szczególne podkreślenie ze względu na jej znaczenie aplikacyjne i zgodność z zasadami zrównoważonej chemii procesowej. Pomimo uzyskanej niższej efektywności hydrolizy w reaktorze koszykowym w porównaniu z klasycznym inkubatorem, Doktorantka przedstawiła racjonalne wyjaśnienie zaobserwowanych różnic.

Zastosowany w tym etapie zestaw metod badawczych należy ocenić jako w pełni adekwatny do postawionych celów, a zarazem wszechstronny i umożliwiający kompleksową ocenę efektywności procesu delignifikacji oraz towarzyszących mu zmian strukturalnych w biomase. Każdy z badanych surowców lignocelulozowych został szczegółowo scharakteryzowany zarówno przed, jak i po obróbce z użyciem cieczy głęboko eutektycznych (DES). Oceniano między innymi zawartość ligniny, gęstość usypową oraz retencję wody. Strukturalne zmiany w biomase po procesie delignifikacji zostały trafnie zidentyfikowane za pomocą mikroskopii skaningowej (SEM), co umożliwiło obserwację istotnych modyfikacji morfologii powierzchni, w tym obecności struktur krzemionkowych oraz skupisk ligniny. Dodatkowo, zastosowanie analizy FTIR pozwoliło na potwierdzenie zmian w strukturze chemicznej ligniny, na podstawie charakterystycznych pasm grup funkcyjnych, co stanowi cenne uzupełnienie badań morfologicznych. W ocenie stopnia hydrolizy, Doktorantka słusznie wykorzystwała analizę HPLC, zapewniającą wysoką precyzję oznaczenia zawartości cukrów.

Należy podkreślić, że opis zastosowanych metod badawczych jest kompletny, przejrzysty i w pełni umożliwia odtworzenie eksperymentów. Analiza statystyczna została przeprowadzona w sposób pogłębiony i świadczy o wysokim poziomie kompetencji badawczych Autorki i dbałości o transparentność i wiarygodność uzyskanych danych.

Kontynuując zagadnienia związane z hydrolizą enzymatyczną biomasy lignocelulozowej, Doktorantka w sposób w pełni uzasadniony podjęła również problem możliwości wykorzystania biomasy zawierającej pozostałości cieczy głęboko eutektycznych po procesie delignifikacji, bez etapu ich odmywania. Zagadnienie to ma istotne znaczenie praktyczne, gdyż ograniczenie liczby etapów technologicznych sprzyja zarówno zwiększeniu efektywności procesowej, jak i zmniejszeniu zużycia wody oraz energii. W ramach tych badań, szczegółowo przedstawionych w publikacji **P3**, Autorka w sposób systematyczny oceniła wpływ różnych DES na aktywność trzech biokatalizatorów – celulazy z *Aspergillus niger*, celulazy z *Trichoderma reesei* oraz kompleksu enzymatycznego Viscozyme®. Zakres eksperymentów obejmował mieszaniny DES przygotowane na bazie chlorku choline lub betainy jako akceptorów wiązań wodorowych (HBA) oraz pięciu donorów (HBD) – kwasu mlekowego, kwasu lewulinowego, mocznika, gliceryny i glikolu etylenowego. Badania przeprowadzono na celulozie mikrokryształicznej oraz biomase trawy.



Doktorantka wykazała, że obecność DES wywiera negatywny wpływ na aktywność enzymów celulolitycznych, przy czym mieszaniny oparte na betainie powodowały mniejszą dezaktywację enzymów niż te zawierające chlorek choliney. Stwierdziła ponadto, że kompleks enzymatyczny Viscozyme® charakteryzował się najwyższą odpornością na działanie DES, co ma istotne znaczenie dla potencjalnych zastosowań praktycznych. Doktorantka zaobserwowała również, że donory z grupy kwasów (mlekowy, lewulinowy) silniej hamowały aktywność enzymów, natomiast gliceryna nie wpływała w sposób istotny na ich działanie.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka wytypowała mieszaninę chlorku choliney i gliceryny (ChCl:Glyc, 1:2 mol/mol) jako najbardziej obiecujący rozpuszczalnik do obróbki wstępnej biomasy roślinnej, charakteryzujący się łagodnym wpływem na aktywność enzymów celulolitycznych.

Podsumowując pierwszy kierunek badań, należy podkreślić, że prace Doktorantki odznaczają się wysokim poziomem dojrzałości naukowej, rzetelnością metodyczną i znaczącym potencjałem aplikacyjnym. Uzyskane wyniki wnoszą istotny wkład w rozwój metod delignifikacji biomasy z użyciem cieczy głęboko eutektycznych oraz pogłębiają zrozumienie interakcji tych cieczy z enzymami celulolitycznymi, co ma kluczowe znaczenie dla projektowania przyszłych, zintegrowanych procesów biotechnologicznych i podkreśla innowacyjny charakter przeprowadzonych badań.

Badania realizowane przez Doktorantkę w drugim nurcie tematycznym rozprawy, dotyczące ekstrakcji związków bioaktywnych z wykorzystaniem rozpuszczalników głęboko eutektycznych są równie wartościowe i interesujące jak część poświęcona delignifikacji biomasy. W tej części pracy Autorka wykorzystała liście pomidora oraz kwiaty nagietka jako źródło związków fenolowych i flawonoidów, a w przypadku kwiatów nagietka także karotenoidów.

Waloryzacja biomasy z liści pomidora przy użyciu cieczy głęboko eutektycznych złożonych z naturalnych komponentów - chlorku choliney, kwasu mlekowego i gliceryny - oraz charakterystyka uzyskanych ekstraktów stanowiły przedmiot publikacji **P4** (*Food Chemistry*, IF 8,5). Doktorantka wykazała, że zastosowanie DES w procesie ekstrakcji pozwalało na uzyskanie wyższego stężenia związków fenolowych i flawonoidów w porównaniu z klasycznymi rozpuszczalnikami organicznymi. Trafnie powiązała wydajność ekstrakcji z polarnością zastosowanych DES, wskazując mieszaninę chlorku choliney i kwasu mlekowego jako najbardziej efektywną. Dodatkową zaletą było wykazanie możliwości kilkukrotnego zawrotu najlepszego DES bez utraty jego efektywności ekstrakcyjnej.



Doktorantka w sposób wnikliwy wyjaśniła również wpływ polarności DES oraz obecności wody na wydajność ekstrakcji poszczególnych związków, co stanowi bardzo wartościowe spostrzeżenie z punktu widzenia naukowego i praktycznego zastosowania tej technologii.

Doktorantka wykazała ponadto, że aktywność antyoksydacyjna uzyskanych ekstraktów nie jest wprost proporcjonalna do zawartości substancji aktywnych. Słusznie podjęła próbę wyjaśnienia tego zjawiska poprzez możliwość niekowalencyjnych oddziaływań pomiędzy składnikami ekstraktu, mogących obniżać ich aktywność antyoksydacyjną.

Interesującym i oryginalnym elementem tej części badań była ocena aktywności przeciwdrobnoustrojowej ekstraktów z liści pomidora. Doktorantka wykazała, że aktywność ekstraktów uzyskanych z użyciem DES zawierających kwas mlekowy wynikała głównie z aktywności samego kwasu mlekowego wobec testowanych patogenów, natomiast ekstrakty uzyskane przy użyciu DES z chlorku choliney i gliceryny wykazywały wyraźną inhibicję wzrostu *C. albicans* w porównaniu do czystego DES.

Na szczególną uwagę zasługuje również pomysłowe i aplikacyjnie ukierunkowane wykorzystanie ekstraktów z liści pomidora w DES razem z rozpuszczalnikiem jako dodatków do folii polisacharydowych, opisane w publikacji **P5** (*Industrial Crops and Products*, IF 5,6). Wykazano ich podwójną funkcję - plastyfikatora oraz naturalnego konserwantu żywności, co znacząco podnosi wartość użytkową i potencjał wdrożeniowy prowadzonych badań.

W ostatniej publikacji **P6** (*Journal of Molecular Liquids*, IF 5,3) poświęconej ekstrakcji związków bioaktywnych z kwiatów nagietka na szczególne uznanie zasługuje zastosowanie hydrofobowych przełączalnych DES (HDES), zarówno samodzielnie, jak i w dwufazowym układzie ekstrakcyjnym DES-HDES. Zastosowanie takich układów jest rozwiązaniem nowatorskim i wciąż rzadko opisywanym w literaturze, co nadaje tej części badań charakter pionierski. Niezwykle cenną właściwością przełączalnych DES jest możliwość ich oddzielenia od wyekstrahowanych związków poprzez zmianę parametrów, takich jak pH, co zostało w rozprawie w pełni potwierdzone eksperymentalnie.

Doktorantka z powodzeniem wykorzystwała mieszaniny kwasów tłuszczowych - dekanowego, oktanowego i laurynowego, jako przełączalne HDES w ekstrakcji karotenoidów. Dodatkowo przebadła szereg klasycznych DES zbudowanych z chlorku choliney oraz pięciu różnych donorów wiązania wodorowego: kwasu lewulinowego, kwasu mlekowego, gliceryny, glikolu etylenowego i mocznika, spośród których najskuteczniejszym w ekstrakcji kwasów fenolowych i flawonoidów okazał się układ chlorek choliney – kwas lewulinowy.



Doktorantka przeprowadziła optymalizację warunków prowadzenia ekstrakcji przy użyciu DES, co doprowadziło do znaczącego skrócenia czasu ekstrakcji (do 2 h) w porównaniu z metodami wykorzystującymi klasyczne rozpuszczalniki organiczne, oraz do ustalenia optymalnej temperatury 80°C. Co więcej, oceniła wpływ typu reaktora na efektywność procesu, potwierdzając – podobnie jak w badaniach nad delignifikacją - wyższą skuteczność reaktora zbiornikowego z mieszadłem w porównaniu z reaktorem koszykowym SpinChem®, z wirującym koszem.

W układzie podwójnym DES-HDES Doktorantka wykazała selektywną ekstrakcję związków fenolowych i flawonoidów do fazy DES, natomiast karotenoidów - do fazy HDES. Przedstawiła również efektywny sposób wydzielania aktywnych związków oraz recyklingu zastosowanych rozpuszczalników, co istotnie zwiększa walory aplikacyjne i ekologiczne opracowanej metody.

Metody i techniki badawcze zastosowane w tej części badań zostały dobrane w sposób trafny i w pełni adekwatny do założonych celów. Umożliwiły kompleksową ocenę składu oraz właściwości uzyskanych produktów ekstrakcji. Obejmowały takie metody analityczne, jak spektroskopia NMR, chromatografia HPLC/MS/MS a także oznaczenia zawartości związków fenolowych, flawonoidów i karotenoidów, ocenę aktywności przeciwutleniającej i przeciwdrobnoustrojowej. Tak szerokie podejście metodyczne świadczy o dużej świadomości badawczej i rzetelności Autorki w opracowaniu wyników.

Podsumowując, badania dotyczące ekstrakcji związków bioaktywnych z wykorzystaniem cieczy głęboko eutektycznych i ich hydrofobowych odpowiedników stanowią wyjątkowo wartościowy i nowatorski fragment rozprawy. Wyniki uzyskane przez Doktorantkę mają nie tylko duże znaczenie poznawcze dla rozwoju zielonej chemii ekstrakcji, lecz także istotny potencjał aplikacyjny w obszarze biotechnologii, przemysłu spożywczego i materiałowego. Całość tej części badań potwierdza wysoki poziom kompetencji eksperymentalnych Doktorantki, jej umiejętność krytycznej analizy wyników oraz zdolność do twórczego rozwiązywania złożonych problemów badawczych.

W związku z recenzowaną pracą nasunęły mi się również następujące pytania, wynikające raczej z mojej naukowej ciekawości niż z krytycznych uwag:

1. Czy znana jest lepkość stosowanych w badaniach cieczy głęboko eutektycznych opartych o kwasy i alkohole tłuszczowe a także mentol?
2. Jaki był stopień odzysku DES w eksperymentach ekstrakcji prowadzonych w układzie podwójnym DES-HDES, zarówno na etapie rozdziału faz jak i regeneracji po adsorpcji techniką



SPE? W jaki sposób wyznaczano koniec elucji DES ze złoża? Czy sprawdzano skład DES po regeneracji?

3. Dlaczego ekstrakcję cieczami głęboko eutektycznymi techniką maceracji prowadzono w temperaturze pokojowej, a nie zastosowano wyższej temperatury?

Wniosek końcowy

Tematyka i kierunek badań świadczą o dużej świadomości naukowej Doktorantki, jej umiejętności łączenia aspektów podstawowych z aplikacyjnymi oraz o dojrzałym podejściu do problematyki badawczej. Przedstawione w pracy wyniki badań jednoznacznie potwierdzają, że mgr inż. Agata Wawoczny w pełni zrealizowała założone cele badawcze. Autorka opracowała metody waloryzacji odpadowej biomasy pochodzenia roślinnego z użyciem ekologicznych rozpuszczalników i katalizatorów, uwzględniając przy tym istotne aspekty technologiczne, takie jak czas trwania procesów, sposób oczyszczania biomasy przed obróbką enzymatyczną i możliwość zwiększenia skali opracowanych procedur. Uzyskane wyniki zostały poddane wnikliwej i rzetelnej interpretacji. Praca zawiera szereg elementów nowości naukowej i cechuje się wysokim poziomem merytorycznym oraz znaczącym potencjałem praktycznym.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Wawoczny nt. *„Chemoenzymatyczne przetwarzanie biomasy roślinnej z użyciem mieszanin głęboko eutektycznych”* spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668).

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Agaty Wawoczny do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Podpisano odręcznie przez autora



Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

mgr inż. Agaty Wawoczny

nt. „*Chemoenzymatyczne przetwarzanie biomasy roślinnej z użyciem mieszanin głęboko eutektycznych*”

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Danuty Gillner, prof. PŚ.

Rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Wawoczny stanowi cykl sześciu spójnych i logicznie powiązanych publikacji naukowych, poświęconych waloryzacji odpadowej biomasy pochodzenia roślinnego z użyciem ekologicznych rozpuszczalników i katalizatorów. Wszystkie publikacje wchodzące w skład rozprawy zostały opublikowane w renomowanych, recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym - *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; *Bioresource Technology*; *Sustainability*; *Food Chemistry*; *Industrial Crops and Products*; *Journal of Molecular Liquids*. Sumaryczny współczynnik wpływu (IF) tych czasopism wynosi 38,1. Ponadto, warto podkreślić, że dwie prace uzyskały najwyższą punktację ministerialną 200 punktów. Świadczy to o wysokiej jakości uzyskanych wyników, ich znaczeniu dla rozwoju dyscypliny oraz bardzo wysokiej wartości naukowej i poznawczej rozprawy. W pięciu spośród sześciu publikacji mgr inż. Agata Wawoczny występuje jako pierwszy autor, a szacowany udział Doktorantki w tych pracach wynosi odpowiednio: w trzech 70%, w jednej 65% i jednej 40%, co jednoznacznie potwierdza jej wiodącą rolę w realizacji badań oraz w analizie i interpretacji uzyskanych wyników. Biorąc pod uwagę powyższe dane a także wykazany wysoki poziom samodzielności i dojrzałości badawczej, rzetelność metodyczną oraz znaczący potencjał aplikacyjny przeprowadzonych badań, w pełni uzasadniony jest wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Wawoczny.

Warto podkreślić także inne osiągnięcia i aktywności Doktorantki, takie jak współautorstwo trzech rozdziałów w monografiach, uzyskanie patentu krajowego oraz dwóch zgłoszeń patentowych. Na uwagę zasługuje również aktywny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych, podczas których była kilkakrotnie wyróżniana nagrodami za najlepsze prezentacje ustne lub postery. Otwartość mgr inż. Agaty Wawoczny na wymianę wiedzy i doświadczeń znajduje potwierdzenie w odbyciu dwóch staży naukowych oraz uzyskaniu grantu mobilnościowego dla najlepszych doktorantów. Warta zauważenia jest także jej działalność na rzecz popularyzacji nauki i kształcenia projektowego uczniów szkół ponadpodstawowych. Osiągnięcia Doktorantki zostały wielokrotnie docenione wyróżnieniami w tym nagrodami Rektora dla najlepszych doktorantów oraz licznymi grantami projakościowymi, co potwierdza jej wysoki poziom zaangażowania oraz konsekwencję w rozwoju naukowym.

Podpisano odręcznie przez autora