



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Szczecin, dn. 3.07.2026 r.

dr hab. inż. Katarzyna Wilpiszewska, prof. ZUT
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Materiałów Polimerowych
ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin
tel.: 91 449 47 57, email: kwilpi@zut.edu.pl

Recenzja praca doktorskiej mgr inż. Ewy Górskiej

pt. „*Wieloskalowa analiza wpływu parametrów technologicznych procesu ekstrakcji z zastosowaniem naturalnych mieszanin głęboko eutektycznych na właściwości pektyn z wyłoków owocowych*”

Podstawą do sporządzenia recenzji było pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej, Pani prof. dr hab. inż. Izabeli Michalak z dnia 20.05.2026 r w związku z powołaniem na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ewy Górskiej (uchwała 267/22/RDND05/2024-2028 z dnia 13.05.2026 r.)

Charakterystyka tematyki rozprawy badawczej

Praca dotyczy zastosowania relatywnie nowego typu rozpuszczalników, tj. cieczy głęboko eutektycznych na bazie substancji naturalnych, tzw. NADES, do ekstrakcji pektyn z wybranych wyłoków owocowych. Co istotne, do pozyskania cennego surowca – pektyn, wykorzystano odpady przemysłu spożywczego. Istotnym jest również fakt, że Polska jest jednym z czołowych producentów surowców roślinnych stosowanych w pracy. Tematyka rozprawy jest aktualna i interesująca. Klasyczną metodą pozyskiwania pektyn jest ekstrakcja z roztworów wodnych (o pH kwasowym lub zasadowym) w podwyższonej temperaturze.

Pomimo rosnącej popularności NADES jako medium do ekstrakcji i modyfikacji biomasy zastosowanie ich do ekstrakcji pektyn jest ciągle zagadnieniem niszowym (obecnie w bazach Web of Science i Scopus liczba publikacji z tej tematyki nie przekracza 40 pozycji). Poszukiwanie nowych rozpuszczalników nie obciążających środowiska naturalnego, a przy tym pozwalających na ekstrakcję polisacharydów przy odpowiedniej wydajności lub selektywności jest zasadne.

Proces pozyskiwania pektyn z odpadów roślinnych jest procesem wieloetapowym i czasochłonnym. Struktura chemiczna, a tym samym właściwości produktu, silnie zależą od metody jego pozyskania oraz od pochodzenia botanicznego surowca. Dodatkowo, istotny wpływ ma obecność innych substancji, tj. białka i polifenole. Mając na uwadze każdy z tych aspektów, określenie optymalnych warunków ekstrakcji pektyn stanowi niełatwe wyzwanie.

Formalna ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Ewy Górskiej pt. „Wieloskalowa analiza wpływu parametrów technologicznych procesu ekstrakcji z zastosowaniem naturalnych mieszanin głęboko eutektycznych na właściwości pektyn z wycieków owocowych” powstała na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej pod opieką dr hab. inż. Izabeli Pawlaczyk-Graji, prof. uczelni. Praca doktorska została przedłożona w postaci monografii zawierającej 185 stron, na którą składa się 7 rozdziałów pracy zakończonych spisem literatury, dodatkiem zawierającym wybrane wyniki i obliczenia oraz spisem tabel i rycin. Załączono abstrakt graficzny, streszczenie w języku polskim i angielskim, spisy skrótów oraz oznaczeń produktów. Dołączono dorobek naukowy oraz informacje o finansowaniu badań, stażu zagranicznym i współpracy (naukowej i partnerskiej) Autorki. Artykuły współautorstwa Doktorantki zostały opublikowane w czasopiśmie o wysokim oddziaływaniu naukowym ($IF = 13,2$ i $5,8$) i dotyczą pozyskania pektyn z biomasy roślinnej (odpowiednio marchwi i lnu) za pomocą układów NADES. Jedną z prac stanowi artykuł przeglądowy z tematyki poruszanej w rozprawie doktorskiej.

W pierwszej części rozprawy opartej na studiach literaturowych Autorka dokonała przeglądu stanu wiedzy. Opisała budowę, właściwości pektyn oraz sposoby ich pozyskiwania, również przy udziale NADES. Przedstawiła profil produkcji owoców, z wyszczególnieniem tych będących źródłem surowca odpadowego w części doświadczalnej rozprawy. Dobór źródeł jest aktualny i adekwatny do omawianej problematyki. Większość przytaczanych publikacji

ukazała się po 2010 roku, wiele z nich w ciągu ostatnich pięciu lat. Prezentacja stanu wiedzy jest wystarczająca i świadczy o prawidłowym rozpoznaniu Doktorantki w tematyce rozprawy.

Cele pracy zostały sformułowane w sposób poprawny i pozostają ze sobą logicznie powiązane. Cele naukowe odnoszą się głównie do określenia związku między niektórymi parametrami procesu ekstrakcji pektyn a wydajnością oraz określeniem wpływu sposobu ekstrakcji na strukturę, a tym samym właściwościami fizykochemicznymi wyodrębnionych polisacharydów.

Rozprawa pozytywnie wyróżnia się pod kątem redakcyjnym. Brak błędów literowych. Dobór rycin został wykorzystany właściwie i stanowi istotne uzupełnienie treści pracy.

Pewnym mankamentem konstrukcyjnym rozprawy jest brak jednoznacznie wskazanych wniosków z przeprowadzonych prac badawczych.

Merytoryczna ocena pracy

W części doświadczalnej Autorka przedstawiła charakterystykę wybranych surowców roślinnych. Zaplanowała serię doświadczeń mających na celu określenie wpływu sposobu pozyskania pektyn na wydajność i strukturę chemiczną produktów. Dokonano procesu optymalizacji ekstrakcji pektyn dla wyłoków z czarnej porzeczki uwzględniającej trzy parametry, tj. udział chlorku choliny (ChCl), kwasu cytrynowego (CA) oraz czasu w oparciu o metodologię analizy powierzchni odpowiedzi RSM. Wartości uzyskanych parametrów następnie zaimplementowano do ekstrakcji pektyn z odpadów innych owoców jagodowych. Przeprowadzono charakterystykę fizykochemiczną produktów pektynowych metodami spektroskopowymi (FTIR, NMR), chromatograficznymi (np. HPLC, GC-MS) i mikroskopowymi (SEM, optyczna).

Pozytywnie należy ocenić próbę optymalizacji ekstrakcji pektyn za pomocą wodnego roztworu NADES z wyłoków czarnej porzeczki i znalezienia powiązania między parametrami ekstrakcji a strukturą chemiczną produktu. Ponadto, na uwagę zasługuje analiza aspektów ekonomicznych procesu i porównania ich z metodą konwencjonalną.

Sama interpretacja wyników jest poprawna. Pewne wątpliwości pojawiły się przy analizie wyników chromatograficznych, co ma oddźwięk w jednym z podanych poniżej pytań do dyskusji podczas obrony.

Praca zyskałaby na wartości gdyby określono parametry optymalne dla każdego rodzaju surowca odpadowego oddzielnie oraz określono właściwości funkcjonalne pozyskanych pektyn. Autorka zdaje sobie sprawę z tego niedoboru o czym informuje w Podsumowaniu.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki zaliczam opracowanie warunków ekstrakcji pektyn za pomocą układu NADES na bazie chlorku choliny i kwasu cytrynowego z odpadowych pozostałości po przetwórstwie czarnej porzeczki oraz określenie wpływu ww. warunków na strukturę chemiczną produktu. Co interesujące, określono również wpływ zawartości wody w wodnym układzie NADES co ma znaczenie prowadzenia procesu pod kątem technologicznym.

Uwagi szczegółowe

Po przestudiowaniu rozprawy nasunęły mi się uwagi i pytania, na które chciałabym usłyszeć odpowiedzi podczas obrony pracy. Wszystkie zamieszczone poniżej uwagi mają charakter polemiczny lub uszczegóławiający i nie wpływają na ogólną, pozytywną ocenę pracy doktorskiej.

1. Na str. 21 „Z perspektywy przemysłowej wydajność takiego procesu jest często niewystarczająca.” – jaka wartość jest akceptowalna? Innymi słowy, uzyskanie jakiej wartości wydajności w badaniach Doktorantka uznałaby za sukces?

2. Z tabeli 13 wynika, że wartości wydajności pozyskania polisacharydów oraz zawartość kwasów uronowych w produktach uzyskanych po ekstrakcji w obecności kwasu winowego są nieco wyższe niż te uzyskane dla kwasu cytrynowego. Do dalszych badań wytypowano jednak układy na bazie ChCl i CA . Proszę o komentarz.

3. Układ można zaliczyć do cieczy głęboko eutektycznych (DES), jeżeli w wyniku oddziaływań między składnikami wykazuje temperaturę topnienia znacznie niższą niż temperatury topnienia poszczególnych komponentów. Charakterystyczną cechą DES jest występowanie punktu eutektycznego przy określonym stosunku molowym składników, odpowiadającego najniższej temperaturze topnienia układu. W pracy Doktorantka jako NADES określała układy ChCl/CA w szerokim zakresie molowym (np. 1:1, 1,5:1, 2:3 – Tab. 17). Zasadne byłoby przedstawienie danych literaturowych lub wyników analizy DSC dla mieszanin o różnych składach, które pozwoliłyby zweryfikować, czy badane układy spełniają kryteria klasyfikacji jako NADES.

4. W Tab. 28 podano charakterystykę mas cząsteczkowych produktów, z której wynika obecność dwóch faz. Tymczasem z chromatogramów tych produktów (Ryc. 28) wnioskować można o ich monomodalnym charakterze. Proszę o wyjaśnienie.

5. Doktorantka określała przewodność właściwą mediów ekstrakcyjnych. Jakie znaczenie ma ten parametr pod kątem technologicznym?

6. Na str. 89 podano wnioski po analizie uzyskanych danych statystycznych. Proszę o komentarz odnośnie wniosku pierwszego (tj. wpływ udziałów ChCl i CA na wydajność) i przedostatniego (tj. na zawartość polifenoli).

Inne uwagi

- Na str. 10, 20: Właściwe nazwy M_n i M_w to odpowiednio liczbowo- i wagowo-średnia masa cząsteczkowa. Parametry te należy podawać łącznie, ponieważ dopiero ich jednoczesne uwzględnienie pozwala na pełniejszą charakterystykę mas cząsteczkowych badanego polimeru.

- Str. 13 „Organizacja łańcucha głównego może być opisywana jako tzw. kłębek statystyczny, czyli rzeczywista struktura, jaką tworzą pojedyncze monomery w rzeczywistych warunkach roztworu.” – poprawnie: „mery jednego rodzaju”.

- Na str. 19 „Właściwości funkcjonalne i biologiczne pektyn są ściśle związane z ich strukturą molekularną, obejmującą DE, M_w , ilość GalA oraz kompozycję pozostałych monosacharydów w cząsteczce” – sformułowanie „kompozycja pozostałych monosacharydów” niefortunnie sugeruje obecność niskocząsteczkowych domieszek.

- Na Ryc. 18 przedstawiono schemat oddziaływań między komponentami NADES. Na jego podstawie wnioskować można, że stosunek molowy ChCl do CA wynosi 1:3, tymczasem na str. 72 podano, że „przeprowadzono serię ekstrakcji wykorzystaniem mieszaniny NADES typu ChCl/CA (1:1)”. W schematach struktury cząsteczki kwasu brakuje grupy karboksylowej przy środkowym atomie węgla oraz oznaczenia ładunku ujemnego. Ponadto, mając na uwadze wartości pH podane w Tabl. 14, tj. poniżej 2,0 można się spodziewać raczej grupy kwasowej w postaci sprotonowanej niż anionowej.

Podsumowanie

Oceniana rozprawa stanowi oryginalny wkład w rozwiązanie problemu naukowego i dowodzi ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki. Autorka jednoznacznie wykazała, że potrafi nie tylko przeprowadzić samodzielnie rozbudowany program badawczy, ale również powiązać uzyskane rezultaty ze strukturą chemiczną uzyskanych produktów pektynowych. Zaprezentowane wyniki stawiają istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria chemiczna..

W świetle powyżej opinii, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Ewy Górskiej, pt.: *„Wieloskalowa analiza wpływu parametrów technologicznych procesu ekstrakcji z zastosowaniem naturalnych mieszanin głęboko eutektycznych na właściwości pektyn z wycieków owocowych”* spełnia wszystkie warunki stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024r. poz. 1571 z późn. zm.).

Wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Ewy Górskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony rozprawy.

