



Kraków, dnia 3 grudnia 2025 r.

dr hab. inż. Mirosław Kwiatkowski, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Energetyki i Paliw
Katedra Technologii Paliw
al. A. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr Kingi Mareckiej pt.:

*Otrzymywanie substancji o właściwościach nutraceutyków z torfu i węgla brunatnego
w procesach ekstrakcji alkalicznej wspomaganej mikrofalami i ultradźwiękami*

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Kingi Mareckiej powstała na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, pod kierunkiem Pana Prof. dr hab. inż. Józefa Hoffmanna, Pełniącego w przewodzie doktorskim obowiązki Promotora oraz Pana dr inż. Dominika Nieweś, pełniącego funkcję Promotora pomocniczego.

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej Pani Prof. dr hab. inż. Izabeli Michalak, w piśmie z dnia 20 października 2025 roku.

Jednym z istotnych problemów współczesnych rozwiniętych społeczeństw jest nadmierne spożywanie wysoko przetworzonej żywności o niskiej lub wręcz znikomej wartości odżywczej, co przyczynia się między innymi do rozwoju tzw. chorób cywilizacyjnych. W związku z tym coraz większym zainteresowaniem cieszy się żywność funkcjonalna i suplementy diety oparte na naturalnych, bioaktywnych składnikach, w tym substancje, które wykazują dużą skuteczność biologiczną i niskie ryzyko działań niepożądanych.

Bardzo duże zainteresowanie wzbudzają nutraceutyki, będące substancjami pochodzenia naturalnego, które wykazują korzystny wpływ na zdrowie człowieka, a w tym substancje humusowe. Kwasy huminowe i kwasy fulwowe, będące głównymi frakcjami substancji humusowych, charakteryzują się złożoną strukturą chemiczną, obejmującą liczne grupy funkcyjne, które warunkują ich właściwości fizykochemiczne oraz aktywność biologiczną.

Istotną cechą kwasów humusowych stosowanych w żywności funkcjonalnej i suplementach diety jest ich zdolność do wiązania metali i toksyn, modulacji odpowiedzi immunologicznej oraz neutralizacji wolnych rodników. Związane jest to z tym, że kwasy humusowe działają jak naturalne związki chelatujące, które mogą wiązać metale ciężkie oraz różne toksyny w przewodzie pokarmowym, ułatwiając ich wydalanie z organizmu i zmniejszając ich wchłanianie. Związki te mogą wpływać na układ odpornościowy poprzez interakcję z florą bakteryjną jelit oraz komórkami odpornościowymi, co może wzmacniać naturalne mechanizmy obronne organizmu. Dzięki złożonej strukturze chemicznej, kwasy humusowe wykazują także silne właściwości przeciwutleniające, pomagając chronić komórki przed stresem oksydacyjnym i uszkodzeniami przez wolne rodniki. Warunkiem jednak praktycznego wykorzystania substancji humusowych jest opracowanie skutecznych, tanich, selektywnych i przyjaznych dla środowiska metod ich ekstrakcji oraz standaryzacja parametrów procesów, gwarantujących ich wysoką jakość i aktywność biologiczną.

Wychodząc naprzeciw aktualnym potrzebą przemysłu spożywczego i zdrowotnego w zakresie opracowywania efektywnych i zrównoważonych technologii pozyskiwania bioaktywnych składników naturalnych Pani mgr Kinga Marecka za główny cel swojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej *„Otrzymywanie substancji o właściwościach nutraceutyków z torfu i węgla brunatnego w procesach ekstrakcji alkalicznej wspomaganiej mikrofalami i ultradźwiękami”* przyjęła otrzymanie kwasów huminowych i fulwowych o jakości pozwalającej na wykorzystanie ich jako nutraceutyków. Ponadto jako jeden z celów pracy Autorka przyjęła również opracowanie dla wybranych wariantów technologicznych, zintegrowanej analizy technologicznej, środowiskowej i ekonomicznej. Pragnę podkreślić, bardzo dużą trafność wyboru tematu dysertacji, z uwagi iż jest to temat nie tylko oryginalny i ważny dla rozwoju nauki, ale przede wszystkim wychodzi na przeciw istotnemu zapotrzebowaniu przemysłu i społeczeństwa.

Rozprawę doktorską Pani mgr Kingi Mareckiej przedłożoną do recenzji stanowi obszerny manuskrypt obejmujący łącznie 379 stron. Manuskrypt ten zawiera spis treści, wykaz stosowanych skrótów, wstęp, umiejętnie zredagowaną część literaturową obejmującą analizę aktualnych informacji opublikowanych na temat nutraceutyków i żywności funkcjonalnej oraz sposobu ich wytwarzania, a także tematykę związaną z substancjami humusowymi, ich klasyfikację, właściwości i zastosowanie, ze szczególnym uwzględnieniem bioaktywności i wpływu na zdrowie. W części literaturowej Autorka opisała także metody otrzymywania kwasów humusowych w procesach ekstrakcji alkalicznej z mieszanym mechanicznym,

oraz wspomagane ultradźwiękami i mikrofalami, jak i opisała sposoby otrzymywania, izolowania i frakcjonowania kwasów huminowych i fulwowych.

Część teoretyczną rozprawy doktorskiej Pani Kinga Marecka uzupełniła bardzo rzetelną analizą patentową aktualnych rozwiązań technologii procesów otrzymywania kwasów humusowych w kierunku zastosowań prozdrowotnych oraz analizą obowiązujących w Unii Europejskiej i Polsce regulacji prawnych z zakresu żywności funkcjonalnej, suplementów diety i nutraceutyków. Pragnę podkreślić, iż tak umiejętnie i rzeczowo przygotowana część literaturowa potwierdza bardzo dużą wiedzę teoretyczną Pani Kingi Mareckiej z zakresu inżynierii chemicznej i dziedzin pokrewnych oraz umiejętność selekcjonowania informacji.

W kolejnej części swojej rozprawy doktorskiej Pani Kinga Marecka sformułowała temat rozprawy doktorskiej wraz z uzasadnieniem wyboru tematyki oraz podała cel i zakres planowanych prac badawczych. W części eksperymentalnej recenzowanej rozprawy doktorskiej Autorka przedstawiła obszernie wyniki: oceny fizykochemicznej surowców, badań nad różnymi metodami ekstrakcji alkalicznej kwasów huminowych i fulwowych, analizy wpływu kluczowych parametrów technologicznych na wydajność procesu, optymalizacji i wyznaczenia parametrów zapewniających maksymalną wydajność oraz oceny właściwości użytkowych otrzymanych związków bioaktywnych. W następnej części dysertacji jej Autorka przedstawiła wyniki oceny właściwości użytkowych wykorzystanych surowców oraz efektywności procesów technologicznych z wykorzystaniem różnych metod i technik analitycznych wykonane przez Doktorantkę. Wspomniane części dysertacji potwierdziły umiejętności Pani Kingi Mareckiej w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych na najwyższym poziomie.

W kolejnych częściach recenzowanej rozprawy doktorskiej Autorka opisała rzetelnie przeprowadzone badania nad otrzymywaniem kwasów huminowych i fulwowych metodami ekstrakcji alkalicznej z mieszaniem mechanicznym, wspomaganej ultradźwiękami lub wspomaganej mikrofalami, przy czym izolacja kwasów fulwowych wymagała dodatkowego etapu frakcjonowania wykorzystującego żywicę makroporową niejonowymienną. Doktorantka przebadła również wpływ parametrów technologicznych na efektywność procesów ekstrakcji alkalicznej kwasów huminowych i fulwowych. Swoje doświadczenie oparła na opracowanej macierzy eksperymentu obejmującej piętnaście punktów eksperymentalnych dla każdego surowca i metody ekstrakcji. W ramach prowadzonych badań Pani Kinga Marecka zbadała wpływ trzech zmiennych: czasu, temperatury i, odpowiednio dla wymienionych wcześniej metod ekstrakcji, prędkości mieszania, intensywności ultradźwięków lub mocy promieniowania mikrofalowego. Wyniki wspomnianych badań Autorka zilustrowała

za pomocą wykresów powierzchniowych wraz z mapami warstwicowymi oraz wyznaczyła optymalne warunki procesowe. Wykonanie tych badań także potwierdziło wybitne umiejętności Pani Kingi Mareckiej w zakresie samodzielnego prowadzenia prac badawczych.

W części poświęconej ocenie jakościowej związków bioaktywnych otrzymanych w wybranych parametrach procesowych, dla kwasów huminowych jak i fulwowych Pani Kinga Marecka przedstawiła wyniki badań jakościowych wybranych właściwości użytkowych frakcji wytworzonych w ustalonych, optymalnych warunkach procesu. Zaawansowane koncepcje technologiczne, obejmujące schematy technologiczne oraz bilanse masowe, Doktorantka umiejętnie wykonała wykorzystując wyniki badań dla optymalnych parametrów procesu zapewniających maksymalną wydajność pożądaných frakcji substancji humusowych.

W części recenzowanej dysertacji zatytułowanej: *Uprozczone studium wykonalności wybranych procesów otrzymywania kwasów huminowych i fulwowych*, Autorka przedstawiła analizę możliwości wdrożenia wyników badań oraz wskazała optymalne rozwiązania w kontekście długoterminowej opłacalności i zasad zrównoważonego rozwoju. Dla dwunastu optymalnych wariantów ekstrakcji opracowała schematy koncepcji technologicznych oraz obliczyła bilanse materiałowe i na tej podstawie zaproponowała aparaturę procesową.

Studium wykonalności Autorka przeprowadziła na podstawie analizy materiałowo-energetycznej, oceny środowiskowej i analizy ekonomicznej, co umożliwiło ocenę wykonalności projektu oraz pozwoliło wybrać najbardziej efektywny i uzasadniony ekonomicznie wariant realizacji. W kolejnych częściach recenzowanej rozprawy doktorskiej przedstawione zostały: wyniki uproszczonej oceny cyklu życia, które pozwoliły na określenie wpływu środowiskowego technologii, wnioski, podsumowanie, bibliografię, spisy tabel i rysunków oraz wykaz dorobku naukowego.

Układ recenzowanej rozprawy doktorskiej tj. kolejność rozdziałów, proporcje między poszczególnymi rozdziałami, ich kompletność i treść, są wzorowe i zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami redagowania i opracowywania rozpraw doktorskich. Pani mgr Kinga Marecka wykazała się niezwykłą umiejętnością selekcji informacji z bardzo obszernej literatury naukowej, co świadczy o jej bardzo dużej wiedzy teoretycznej z zakresu inżynierii chemicznej, ochrony środowiska oraz zarządzania i ekonomii. Bibliografia, na którą powołuje się Autorka obejmuje bardzo umiejętnie wyselekcjonowane artykuły, opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

Należy podkreślić, iż tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej ma charakter interdyscyplinarny i wpisuje się w aktualne potrzeby przemysłu spożywczego i zdrowotnego, jak również w zagadnienia inżynierii chemicznej, ochrony środowiska oraz nauk z zarządzania

i ekonomii. Przyjęte cele i zakres badań są bardzo ambitne i stanowiły znaczące wyzwanie dla Pani mgr Kingi Mareckiej z czego wywiązała się wzorowo. Ponadto przedstawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej bardzo rzetelne wyniki analiz gospodarczo-ekonomiczno-środowiskowych wskazują na duże możliwości wdrożenia w przemyśle opracowanych koncepcji otrzymywania kwasów huminowych i fulwowych.

Podsumowując ocenę stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Kingi Mareckiej pt.: „*Otrzymywanie substancji o właściwościach nutraceutyków z torfu i węgla brunatnego w procesach ekstrakcji alkalicznej wspomagannej mikrofalami i ultradźwiękami*” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, określone w Art. 187 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku (tekst jedn. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) tzn. stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a kandydatka wykazuje się bardzo dobrą wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna oraz ma wybitne umiejętności do samodzielnego prowadzenia prac naukowych na najwyższym poziomie. Zwracam się zatem z wnioskiem o przyjęcie niniejszej rozprawy doktorskiej przez Szanowną Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej i dopuszczenie Pani mgr Kingi Mareckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Doceniając wysoki poziom merytoryczny rozprawy doktorskiej Pani mgr Kingi Mareckiej, jej dużą wiedzę teoretyczną i szeroki zakres przeprowadzonych prac badawczych oraz ich znaczący potencjał wdrożeniowy, wnioskuję o jej wyróżnienie. Uzasadnieniem tego wniosku jest także imponujący dorobek naukowy Doktorantki jak na ten etap kariery naukowej. Pani mgr Kinga Marecka jest współautorką związanych z tematyką rozprawy doktorskiej: dziewięciu artykułów opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach, dwóch rozdziałów w monografii naukowej, zgłoszenia patentowego oraz pięciu komunikatów konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym i jednego o zasięgu krajowym. Ponadto Doktorantka jest współautorką niezwiązanych z tematyką rozprawy doktorskiej: artykułu naukowego, siedmiu zgłoszeń patentowych, jak i uczestniczyła w wielu projektach naukowo-badawczych. Pani mgr Kinga Marecka w uznaniu za swoje osiągnięcia otrzymała stypendium o zwiększonej wysokości w roku akademickim 2024/2025, przyznawane Doktorantom Politechniki Wrocławskiej o największych dokonaniach naukowych. Pani mgr Kinga Marecka otrzymała także nagrodę „Travel Award” Międzynarodowego Stowarzyszenia Substancji Humusowych umożliwiającą udział w 22-giej międzynarodowej konferencji IHSS, która odbyła się w dniach 25-30 sierpnia 2024 w Rimini. Wszystkie powyższe osiągnięcia w pełni uzasadniają wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Kingi Mareckiej.

Jurysta Kwiatkowski