



Warszawa, 18 października 2022 r.

Prof. dr hab. Paweł Kulesza  
Tel. (+48) 22 5526344  
Faks: (+48) 22 5526434  
E-mail: pkulesza@chem.uw.edu.pl

### RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ PANA MGR. INŻ. KRZYSZTOFA NOWACKIEGO

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska Pana mgr. inż. Krzysztofa Nowackiego zatytułowana „*Wpływ czynnika modyfikującego na właściwości fizykochemiczne membran chitozanowych*” została wykonana pod kierunkiem Pana dr hab. Macieja Galińskiego, prof. Politechniki Poznańskiej jako promotora w Instytucie Chemii i Elektrochemii Technicznej, w Zakładzie Chemii Fizycznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

Tematyka pracy obejmuje opis przygotowania, charakterystykę fizykochemiczną, a także ocenę metod modyfikacji membran chitozanowych, w tym wpływ rodzaju modyfikatora i jego ilość na właściwości fizykochemiczne tych materiałów oraz zastosowania wytworzonych membran w formie hydrożelu w kondensatorze elektrochemicznym. Podjęte przez Pana mgr. inż. Nowackiego badania z pogranicza elektrochemii i chemii materiałów (biopolimerów) zmierzające do rozwinięcia metodologii wytwarzania membran chitozanowych oraz lepszego zrozumienia obecności i działania różnych materiałów modyfikacyjnych są bardzo ważne zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i też ze względu na konieczność poszukiwania nowych koncepcji użycia tych materiałów do wytworzenia urządzenia elektrochemicznego o wysokiej sprawności i przyjazne środowisku.

Praca doktorska Pana Krzysztofa Nowackiego składa się z następujących rozdziałów: Wprowadzenia, Części przeglądowej, Celu i zakresu badań, Części eksperymentalnej, Podsumowania i wniosków, Literatury, Aneksu, Streszczenia, oraz spisu publikacji Autora, Jego prezentacji na konferencjach naukowych, udziału w projektach badawczych i staży naukowych. W rozdziale *część teoretyczna*, poprzedzonego wykazami ważniejszych oznaczeń i skrótów oraz symboli używanych w pracy, Autor zwięźle, ale bardzo starannie, opisuje polimery naturalne (biopolimery). Wiele uwagi mgr inż. Nowacki poświęca polisacharydom

jako materiałom hydrożelowym. Ponadto Autor w części literaturowej dokonuje opisu formowania i modyfikacji chemicznej membran (na bazie: celulozy, chityny, chitozanu oraz alginianów), koncentrując się na chitozanie opisuje jego wykorzystania w kondensatorze elektrochemicznym. Następnie Pan mgr inż. Nowacki przedstawia cel oraz zakres badań. W części doświadczalnej opisuje metodykę badań, w tym stosowane odczynniki, preparatykę i modyfikację membran chitozanowych, stosowane techniki pomiarowe, w tym elektrochemiczne (woltamperometria cykliczna, elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna, galwanostatyczne ładowania i rozładowanie) oraz fizykochemiczne: spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera, skaningowa mikroskopia elektronowa, mikroskopia siła atomowych, dyfrakcje rentgenowska oraz pomiar kąta zwilżania i przewodnictwa właściwego. Autor dokonuje również opisu i dyskusji wyników własnych prac doświadczalnych obejmujących dobór warunków syntezy materiałów, charakterystykę fizykochemiczną oraz badania elektrochemiczne. W swojej dysertacji opisuje zastosowanie siedmiu modyfikatorów membrany chitozanu: aldehyd glutarowy, alginian sodu, dialdehyd ftalowy, epichlorohydryna, formaldehyd, glioksal i kwas taninowy, które są scharakteryzowane zarówno fizykochemicznie jak i elektrochemicznie. Autor przygotował i dokonał charakterystyki 43 membran na bazie chitozanu, które zawierały różną zawartość czynnika modyfikującego. Na końcu każdego podrozdziału dokonuje krótkiego podsumowania. Dla porównania i określania najkorzystniejszych wartości parametrów modyfikowanych hydrożeli chitozanowych stosowanych w elektrochemicznym kondensatorze Autor wybrał 7 układów, które charakteryzowały się najwyższą pojemnością właściwą w ramach danej modyfikacji. W ramach dyskusji wyników Pan mgr inż. Nowacki wskazuje użyteczność i stabilność zaproponowanych zmodyfikowanych membran chitozanowych w kondensatorach elektrochemicznych. W odczuciu recenzenta, niektóre zaproponowane przez Autora podejścia badawcze mają charakter bardziej ogólny i wydaje się, że w przyszłości będą mogły być z powodzeniem wykorzystane w urządzeniu elektrochemicznym. W części końcowej pracy, Autor zamieszcza trzysta jeden odnośników literaturowych, które - w odczuciu recenzenta - poprawnie cytuje w tekście rozprawy oraz aneks zawierający liczne wykresy i tabele badanych układów, które nie znalazły się w części pracy a są uzupełnieniem wyników badań. Ostatni rozdział pracy to *Dorobek naukowy Autora*. Pan Krzysztof Nowacki jest współautorem 7 prac badawczych opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach z listy filadelfijskiej – *RSC Advances*, *Electrochimica Acta*, czy *Applied Physics A*. W swoim dorobku Autor wymienia komunikaty konferencyjne w tym pięć

ustnych i 8 posterowych. Finansowanie swoich badań do pracy doktorskiej Autor uzyskał z Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu OPUS (gdzie był wykonawcą).

Przechodząc do merytorycznej oceny pracy, należy stwierdzić, że istotnym osiągnięciem pracy jest opracowanie metod modyfikacji membran chitozanowych oraz określenie wpływu rodzaju i ilości modyfikatora na wybrane właściwości fizykochemiczne tych materiałów. Obok prac preparatywnych i diagnostycznych Autor dokonał także charakterystyki fizykochemicznej materiałów stosując między innymi różne techniki pomiarowe.

Otrzymane przez Pana Krzysztofa Nowackiego wyniki pozwalają wyciągnąć ważne wnioski odnośnie przydatności zmodyfikowanych materiałów do zastosowań w kondensatorze elektrochemicznym. Za bardzo cenne uważam obserwacje dotyczące wpływu modyfikacji membran chitozanowych na stabilność cykliczną kondensatorów oraz na przewodnictwo właściwe uzyskanych elektrolitów. Uważam, że praca jest opracowana starannie, a wyniki są opisane zwięzłym i precyzyjnym językiem. Stronę edytorską pracy oceniam również wysoko. Recenzent nie ma wątpliwości, że pomiary zostały przeprowadzone starannie, a uzyskane wyniki są przekonujące. Podobne stwierdzenie odnosi się do wniosków.

Po przeczytaniu pracy, pojawia się kilka uwag czy pytań odnośnie sposobu prezentacji czy dyskusji wyników, które z pewnością mogą być wyjaśnione w trakcie publicznej obrony pracy.

- (1) Metoda oznaczania stopnia pęcznienia membran chitozanowych w wodnych roztworach elektrolitów wydaje się być dość prosta. Zachodzi pytanie, jaka jest powtarzalność wyników i czy można coś powiedzieć o rzeczywistych grubościach warstw membran po wysuszeniu i po zanurzeniu w wodnym roztworze elektrolitu?
- (2) Opis metody woltamperometrii cyklicznej (strony 102-104) został ograniczony wyłącznie do charakterystyki układów pojemnościowych. Oczekiwałbym szerszego spojrzenia na kryteria diagnostyczne tej metody (np. w zależności od szybkości polaryzacji) i porównania do zachowania się układów elektroaktywnych, zarówno w formie cienkich warstw jak i substancji znajdujących się w roztworze. W jakich przypadkach pomiary były wykonywane w układzie trójelektrodowym, a kiedy w dwuelektrodowym?
- (3) Zmiany w przewodnictwie elektrolitów hydrożelowych wytworzonych na bazie membran chitozanowych zależały od sposobu modyfikacji i miały pewien wpływ na uzyskane wartości pojemności kondensatorów. Czy można coś powiedzieć o zmianach w wartościach mocy tych układów?

Pomimo moich powyższych uwag, które mają oczywiście charakter dyskusyjny, chciałbym wyrazić moje uznanie dla wkładu pracy doktoranta, podkreślić znaczenie naukowe uzyskanych wyników i ocenić recenzowaną przeze mnie pracę doktorską bardzo pozytywnie. Jednocześnie stwierdzam, że praca Pana Krzysztofa Nowackiego w pełni spełnia kryteria ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne. Wnoszę o dopuszczenie doktoranta do publicznej dyskusji nad rozprawą.

