



WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

dr hab. inż. Ewa Kaczorek, prof. PP

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel. +48 61 665 3649, fax +48 61 665 3649

e-mail: office_tce@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 18 września 2020 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej Pana **mgr. inż. Karola Erfurta**

pt. *„Badania nad syntezą i zastosowaniem zadaniowo-specyficznych cieczy jonowych na bazie surowców biodegradowalnych”*

Recenzowana praca wykonana została na Wydziale Chemicznym, Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w Katedrze Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii, pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Anny Chrobok.

Podstawą wydania opinii jest pismo Pani prof. dr hab. inż. Doroty Neugebauer - Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne, Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 14 lipca 2020 r. (L.dz. RDNCh/SD/31/2020).

Degradacja środowiska naturalnego spowodowała wzrost zainteresowania tzw. „zieloną chemią”, chemią przyjazną środowisku. Dlatego nieustannie poszukuje się nowych dróg syntezy związków organicznych, nietoksycznych i biokompatybilnych ze środowiskiem. To nowe podejście do zagadnień związanych z syntezą różnych grup związków, przeróbką i wykorzystaniem związków chemicznych ma na celu zminimalizować ich potencjalne zagrożenie zarówno dla człowieka, jak i środowiska. Kluczową rolę w tym zakresie odgrywa zastąpienie surowców kopalnianych surowcami odnawialnymi, które pozwalają na otrzymanie biodegradowalnych i często nietoksycznych produktów. Zastosowanie cieczy jonowych w syntezie organicznej, jako efektywnych rozpuszczalników lub rozpuszczalników i katalizatorów jednocześnie, jest związane z ich unikalnymi właściwościami. Jakkolwiek należy wziąć pod uwagę problemy z ich utylizacją, czy brakiem danych dotyczących ich toksyczności, czy biodegradacji. Stąd obserwujemy w ostatnich latach wzrost zainteresowania zastosowaniem surowców odnawialnych w wielu syntezach, w tym syntezie cieczy jonowych.

W nurt tych badań doskonale wpisuje się tematyka rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Karola Erfurta dotycząca syntezy i zastosowania zadaniowo-specyficznych cieczy jonowych na bazie surowców biodegradowalnych. Uważam, że podjęty przez Doktoranta temat badawczy jest bardzo ważny i przydatny pod względem zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym. Praca została wykonana w zespole wybitnej specjalistki, Pani prof. dr hab. inż. Anny Chrobok, co zagwarantowało wysoką jakość badań oraz rzetelność przeprowadzonych analiz.

Autor pracy w swoich badaniach skupił się w szczególności nad syntezą, właściwościami i, co jest niezmiernie ważne, praktycznym zastosowaniem cieczy jonowych, które otrzymał w wyniku transformacji z zaproponowanych przez niego surowców odnawialnych. Rozprawa doktorska rozpoczyna się wprowadzeniem, w którym Autor przedstawia cel pracy doktorskiej oraz wyjaśnia powód i istotność podjętej tematyki badawczej. Założony cel badań został przez Autora zrealizowany w trzech etapach. Pierwszy obejmował syntezę cieczy jonowych, drugi zastosowanie otrzymanych związków jako katalizatorów reakcji organicznych, natomiast trzeci inne potencjalne możliwości aplikacyjne tych związków. Doktorant bardzo precyzyjnie przedstawił zakres prowadzonych przez niego badań, dodatkowo przedstawiając go w sposób graficzny.

Przedłożona do recenzji dysertacja doktorska liczy 188 stron, zawiera 92 schematy, 14 wykresów i 29 tabel. Przegląd literatury obejmuje 48 stron, po czym Autor przechodzi do omówienia wyników badań połączony z merytoryczną ich dyskusją (62 strony). Następnie w rozdziale 4 Doktorant przedstawia krótkie podsumowanie i wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. Opis części eksperymentalnej zajmujący 31 stron pojawia się dopiero na końcu pracy, odbiegając przez to nieznacznie od klasycznego układu pracy doktorskiej. W dalszej części dysertacji znajduje się wykaz literatury, spis schematów, wykresów i tabel oraz wykaz dorobku naukowego. Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo bogata literatura wykorzystana do przygotowania dysertacji obejmująca 231 pozycji. W pracy Autor nie zamieścił streszczenia, co z całą pewnością byłoby bardzo przydatne.

Część literaturowa doskonale wprowadza w zagadnienia dotyczące realizowanej pracy badawczej. W tej części Pan mgr inż. Karol Erfurt przedstawił zarówno charakterystykę, właściwości, otrzymywanie, jak i przemysłowe zastosowanie cieczy jonowych. Autor zwrócił uwagę nie tylko na ich zalety ale także na zagrożenia niektórych cieczy jonowych dla człowieka i środowiska naturalnego, w sytuacji przedostania się do gleby i wód gruntowych.

Ważny element przeglądu literaturowego stanowi rozdział poświęcony ekologicznym trendom w syntezie cieczy jonowych, gdzie Autor przedstawił zagadnienia dotyczące wykorzystania biomasy jako źródła cieczy jonowych. Za bardzo interesujący uważam opis wykorzystania monosacharydów jako jednostki budulcowej cieczy jonowych. Ten fragment dysertacji poparty jest wieloma schematami, które obrazują zaproponowane ścieżki syntezy tych związków. Imponujący jest tutaj ogrom pracy włożonej w graficzne przedstawienie opisanych zagadnień. Ponadto wskazuje na bardzo dobre przygotowanie teoretyczne Doktoranta do prowadzonych badań eksperymentalnych.

W części omówienie wyników Doktorant opisuje badania związane z syntezą cieczy jonowych na bazie monosacharydów. W tym celu została w pierwszej kolejności przeprowadzona modyfikacja cukrów prostych takich jak D-glukoza, metylo- α -D-glukopiranoza, D-galaktoza, D-mannoza oraz D-ksyloza. Modyfikacje te były prowadzone na dwóch różnych reaktywnych fragmentach cząsteczki, anomerycznym oraz terminalnym atomie węgla. W części eksperymentalnej Doktorant szczegółowo opisał procedury prowadzonych reakcji, wydajności oraz wyniki ^1H NMR i ^{13}C NMR oraz spektrometrii mas potwierdzające strukturę otrzymanych związków. Dodatkowo przeprowadzona została przez Autora synteza cieczy jonowych nie posiadających w swojej budowie jednostki monosacharydowej. Zsyntetyzowane zostały cieczy jonowe oparte na chloroalkoholach i halogenkach alkilowych, jak również cieczy jonowe posiadające rdzeń imidazoliowy, w tym posiadające wiązanie podwójne.

Niewątpliwie ważnym osiągnięciem prowadzonych badań jest wykazanie możliwości aplikacyjnych wybranych cieczy jonowych otrzymanych przez Doktoranta. Ciecze jonowe bogate w ugrupowania hydroksylowe oparte na D-glukozie mogą być wykorzystane między innymi jako katalizatory w reakcji addycji Diesla-Aldera. Autor wykazał ich wysoką aktywność w modelowej reakcji addycji pomiędzy cyklopentadienem a maleinianem dietylu. Dodatkowo Autor zaobserwował, że ułożenie przestrzenne grup hydroksylowych w pierścieniu cukrowym wpływa na aktywność otrzymanych organokatalizatorów. Związki te mogą być także wykorzystane jako katalizatory przeniesienia międzyfazowego w reakcji dehydrohalogenacji. Doktorant wykazał, że długość łańcucha alkilowego w kationie ma znaczący wpływ na szybkość reakcji. Ponadto za katalizatorami tego typu przemawiają, pomimo bardziej wymagającej syntezy, właściwości biodegradacyjne i łatwość recyklingu bez utraty aktywności w co najmniej pięciu cyklach reakcyjnych.

Prowadzone były także badania nad toksycznością i biodegradowalnością czwartorzędowych soli amoniowych oraz cieczy jonowych na bazie D-glukozy. Jakkolwiek brak opisu procedury badawczej w części eksperymentalnej utrudnia ocenę tych wyników badań. Prosiłabym więc o wyjaśnienie w jaki sposób biodegradacja była prowadzona oraz czy brano pod uwagę całkowitą mineralizację testowanego związku podając w opisie, że obserwowano szybką i prawie całkowitą jego biodegradację.

Ponadto Doktorant wykazał, że otrzymane przez niego związki mogą posłużyć do otrzymania herbicydowych cieczy jonowych z D-glukozą, charakteryzujących się wysoką skutecznością chwastobójczą, jak również mogą być wykorzystane w tworzeniu biomateriałów lub jako prekursorzy porowatych materiałów węglowych domieszkowanych azotem.

Niewątpliwie wartość naukową pracy potwierdza wybitny, ponadprzeciętny dorobek naukowy mgr inż. Karola Erfurta. Doktorant jest współautorem 7 publikacji bezpośrednio związanych z realizowaną pracą doktorską z listy filadelfijskiej w takich czasopismach jak: *RSC Advances*, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, czy *Polymer Chemistry*, 25 publikacji niezwiązanych z przedstawioną dysertacją, 4 patentów oraz 3 zgłoszeń patentowych. Należy podkreślić także dużą aktywność Doktoranta na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Ponadto mgr inż. Karol Erfurt brał udział w sześciu projektach badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz w ośmiu projektach realizowanych we współpracy z przemysłem finansowanych przez Grupę Azoty Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A., Solvent Wistol S.A., Grupę Azoty Zakłady Azotowe Puławy S.A. w charakterze wykonawcy.

Reasumując, cel pracy został osiągnięty, a Autor wykazał, że jest bardzo dobrym eksperymentatorem i we właściwy sposób potrafi interpretować uzyskane wyniki badań. Zrealizowana praca wymagała od Pana mgr inż. Karola Erfurta nie tylko znacznej wiedzy związanej z realizowaną tematyką badawczą, pozwalającą na właściwe dobranie metod badawczych w celu realizacji zamierzonego celu, ale także zrealizowania bardzo dużej liczby eksperymentów. Praca zawiera bogaty i oryginalny materiał badawczy przedstawiony w logiczny sposób. Ponadto praca doktorska napisana jest niezmiernie starannie, zauważyłam jedynie nieliczne usterki edytorskie, ponadto na szczególne wyróżnienie zasługuje szata graficzna. Czytałam pracę z wielką przyjemnością.

Wnioski końcowe

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Karola Erfurta nt. „*Badania nad syntezą i zastosowaniem zadaniowo-specyficznych cieczy jonowych na bazie surowców biodegradowalnych*” stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określonym w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r., poz. 1789), zgodnie z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę, które stanowią, że przewody doktorskie, (...), wszczęte i niezakończone przed dniem wejścia w życie ustawy, o której mowa w art. 1, są przeprowadzane na zasadach dotychczasowych, z tym, że jeżeli nadanie stopnia doktora, (...), następuje po dniu 30 kwietnia 2019 r. stopień (...) nadaje się w dziedzinach i dyscyplinach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 5 ust. 3 tej ustawy, i wnioskuję o przyjęcie pracy i dopuszczenie Pana mgr. inż. Karola Erfurta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wartość naukową, szeroki zakres badań, świadczący o dużej samodzielności naukowej i badawczej Autora oraz znaczenie poznawcze i praktyczne uzyskanych wyników badań, jak również ponadprzeciętny, imponujący dorobek naukowy, obejmujący publikacje, patenty, zgłoszenia patentowe, aktywność konferencyjną, udział w projektach badawczych wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

