



Gdański Uniwersytet Medyczny
KATEDRA I ZAKŁAD CHEMII FARMACEUTYCZNEJ

tel. (48) (58) 349 12 36 fax: (48) (58) 349 16 35
ul. Gen. J. Hallera 107, PL 80-416 Gdańsk
e-mail: aplenis@gumed.edu.pl

Dr hab. Alina Plenis

Gdańsk, dnia 31.05.2019 r.

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej

nt. „Usuwanie leków cytostatycznych z roztworów wodnych w procesie fotokatalizy i elektrolizy”

wykonanej w Pracowni Procesów Zaawansowanego Utleniania, Katedra Technologii

Środowiska, Wydział Chemii Uniwersytetu Gdańskiego

pod kierunkiem prof. dr hab. Ewy Marii Siedleckiej

Jednym z istotnych problemów dzisiejszego świata jest zanieczyszczenie środowiska naturalnego. To zjawisko jest szczególnie niebezpieczne w kontekście leków, które ze względu na aktywność biologiczną, nawet w niewielkim stężeniu mogą negatywnie oddziaływać na organizmy żywe występujące w środowisku naturalnym. Aby nadzorować powyższe zagrożenie, w wielu krajach podejmuje się szereg działań legislacyjnych, których celem jest kontrola leków jako źródła zanieczyszczenia środowiska, a opracowanie i wdrożenie metod ich skutecznego usuwania z wód i ścieków to wiodący temat wielu projektów naukowych realizowanych na całym świecie. Istotnym zagadnieniem są związki stabilne chemicznie, które w niewielkim stopniu ulegają biodegradacji, a tym samym nie mogą być skutecznie usuwane w oczyszczalniach ścieków, gdzie głównie stosuje się metody biologiczne. W efekcie, istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że stężenie tych związków i ich metabolitów w środowisku wodnym będzie systematycznie wzrastać. Jest to szczególnie niebezpieczne dla tych substancji, które charakteryzują się silnymi właściwościami teratogennymi, mutagennymi i genotoksycznymi, a właśnie do tej grupy należą leki cytostatyczne. Należy zauważyć, że zapotrzebowanie na leki cytostatyczne w leczeniu systematycznie wzrasta ze względu na rosnącą liczbę pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą nowotworową. Tym samym, aby uniknąć kumulacji leków przeciwnowotworowych w środowisku, poszukuje się alternatywnych metod skutecznego ich usuwania ze ścieków szpitalnych czy komunalnych. W ostatnim dziesięcioleciu wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem zaawansowanych procesów utleniania (ang. *Advanced Oxidation*

Processes - AOP) do oczyszczania wód i ścieków opartych na wytwarzaniu silnych utleniaczy, głównie rodników hydroksylowych, które nieselektywnie reagujących z materią organiczną prowadzą do jej utlenienia i mineralizacji. W ten nurt badań wpisuje się przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej, dotycząca opracowania fotokatalitycznej i elektrochemicznej metody usuwania czterech leków cytostatycznych tj. ifosfamidu, 5-fluorouracylu, cyklofosfamidu i imatynibu z roztworów wodnych. Wyżej wymienione leki przeciwnowotworowe posiadają zróżnicowaną budowę chemiczną i odmienne mechanizmy działania farmakologicznego, a zostały wyselekcjonowane przez Autorkę ze względu na ich powszechne zastosowanie w leczeniu. Do fotokatalizy Doktorantka użyła samodzielnie przygotowanych fotokatalizatorów typu $x\text{Bi-B-TiO}_2$, a elektrochemiczne usuwanie leków przeprowadziła z wykorzystaniem komercyjnej elektrody diamentowej domieszkowanej borem (ang. *boron-doped diamond* – BDD), którą użyła w różnych układach hydrodynamicznych. Autorka opisała kinetykę i mechanizm rozkładu wspomnianych leków, a także krytycznie oceniła skuteczność opracowanych metod jako potencjalnych narzędzi do oczyszczania wód i ścieków z w/w cytostatyków.

Rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej stanowi zwarte opracowanie liczące 142 strony o klasycznym układzie. Obejmuje wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, sześć rozdziałów: wprowadzenie, omówienie literatury, cel i zakres badań, część doświadczalną, wyniki badań i dyskusja oraz podsumowanie, a także literaturę, spis ilustracji i tabel oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca zawiera 48 rysunków i 20 tabel, które w sposób obrazowy i obszerny przedstawiają wyniki badań wykonanych przez Doktorantkę.

W części teoretycznej Autorka przedstawiła problematykę związaną z zanieczyszczeniem środowiska naturalnego farmaceutykami, skupiając się na lekach cytostatycznych. Doktorantka omówiła właściwości fizykochemiczne oraz mechanizm działania - 5-fluorouracylu (pochodnej uracylu z grupy antymetabolitów), cyklofosfamidu i ifosfamidu (pochodnych oksazafosforiny) należących do środków alkilujących, a także imatynibu będącego inhibitorem kinazy białkowo-tyrozynowej. Wszystkie te substancje w nieznacznym stopniu ulegają fotolizie i biodegradacji, co przekłada się na niską efektywność ich usuwania w procesie oczyszczania ścieków. Z tego względu metody bazujących na zaawansowanych procesach utleniania Doktorantka oceniła jako interesujące narzędzie do ich eliminacji, dlatego ten temat został szerzej opisany w dalszej części dysertacji. Autorka szczegółowo opisała mechanizm fotokatalizy i elektrolizy należących do AOP, sposób prowadzenia tych procesów, a także czynniki wpływające na efektywność w/w metod. Scharakteryzowała cztery strategie modyfikacji TiO_2 prowadzące do uzyskania nowych, bardziej wydajnych materiałów fotokatalitycznych, które mogą być efektywniej aktywowane światłem słonecznym, takie jak:

- a) zwężenie szerokości pasma wzbronionego poprzez domieszkowanie metalami;

- b) zmniejszenie szybkości rekombinacji par nośników ładunku e^-/h^+ poprzez modyfikację metalami;
- c) domieszkowanie metalami ciężkimi;
- d) sensybilizacja barwnikami.

Ponadto, przedstawiła właściwości fizykochemiczne elektrody BDD. Doktorantka zestawiała dane literaturowe dotyczące zastosowania fotolizy i elektrolizy do usuwania leków z roztworów wodnych, ścieków i materiału biologicznego. Zwróciła także uwagę na problem niepełnej mineralizacji po zastosowaniu AOP, która może prowadzić do powstawania produktów o różnorodnym charakterze fizykochemicznym oraz właściwościach znacząco odbiegających od substancji wyjściowych. Właściwości te mogą być potencjalnie bardziej toksyczne dla środowiska. Autorka przedstawiła dane literaturowe dotyczące identyfikacji powstających produktów wybranych leków cytostatycznych oraz przybliżyła zagadnienia toksyczności roztworów pojedynczych leków, jak i ich mieszanin przed i po zastosowaniu AOP.

Zadania badawcze w rozdziale „Cel pracy i zakres badań” zostały jasno zarysowane w kontekście współczesnych wymogów dotyczących ochrony środowiska. Celem pracy doktorskiej było opracowanie nowych, skutecznych metod usuwania wybranych leków cytostatycznych z roztworów wodnych opartych na procesach fotokatalizy i elektrolizy. Z uwagi na zgłaszane w literaturze naukowej problemy ograniczające aplikację tych metod, takie jak: niskie wykorzystanie promieniowania słonecznego w procesie fotokatalizy, niska wydajność prądowa elektrolizy zanieczyszczeń, oraz eko-toksyczność mieszanin uzyskanych po procesie rozkładu zanieczyszczeń, badania zostały zaprojektowane w taki sposób, aby te trudności przezwyciężyć. Doktorantka w części dotyczącej fotokatalizy wytypowała 10 zadań cząstkowych, a w przypadku elektrolizy 7 celów cząstkowych, których realizacja umożliwiłaby rzetelną ocenę potencjału wdrożeniowego opracowanych metod analitycznych do usuwania wybranych zanieczyszczeń ze ścieków i wód powierzchniowych.

Fotokataliza została przeprowadzona na bazie serii zsyntetyzowanych i scharakteryzowanych wybranymi technikami fotokatalizatorów typu $x\text{Bi-B-TiO}_2$. Aktywność tych materiałów fotokatalitycznych została oceniana w zakresie promieniowania słonecznego oraz widzialnego. Ponadto, parametry wpływające na szybkość usuwania zanieczyszczeń podczas fotokatalizy zależne od właściwości fotokatalizatora, takich jak: struktura, kształt, wielkość i powierzchnia krystalitów oraz parametrów prowadzenia procesu fotokatalitycznego, a mianowicie: pH roztworu, rodzaju zanieczyszczenia i jego stężenia, dawki fotokatalizatora, rodzaju matrycy, w tym obecność jonów i związków organicznych, temperatury reakcji, natężenia i rodzaju światła były optymalizowane z zastosowaniem odpowiednich procedur analitycznych.

Do elektrolizy użyto komercyjnie dostępną elektrodę typu Si/BDD, zaliczaną do elektrod „nieaktywnych”, na której utlenianie zanieczyszczeń organicznych może odbywać się w wyniku bezpośredniego utleniania anodowego i/lub pośredniego utleniania za pomocą generowanych rodników $\cdot\text{OH}$ i innych tworzących się na powierzchni BDD indywiduów chemicznych. Elektrolitem użytym w tych badaniach był siarczan(VI) sodu (Na_2SO_4). Ze względu na fakt, iż o efektywności utleniania materii organicznej z użyciem elektrod BDD decyduje: materiał, na który naniesiono cienki film BDD, zawartość boru oraz stosunek $C_{\text{sp}^3}/C_{\text{sp}^2}$, powyższe parametry były analizowane w trakcie prowadzonych badań. Ponadto szybkość rozkładu i wydajność prądowa elektrochemicznego utleniania związków organicznych w układach z wykorzystaniem elektrody BDD zależą od następujących parametrów: gęstości prądowej, pH roztworu, rodzaju i stężenia elektrolitu, natężenia przepływu roztworu, temperatury roztworu oraz rodzaju i stężenia zanieczyszczeń. Kolejnym czynnikiem jest obecność jonów nieorganicznych np. CO_3^{2-} , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , które w bezpośredniej reakcji na anodzie lub z $\cdot\text{OH}$ mogą tworzyć produkty o różnej sile utleniającej, co może skutkować przyspieszeniem lub zahamowaniem procesu usuwania i mineralizacji. Wszystkie wyżej wymienione parametry były rzetelnie oceniane w trakcie badań prowadzonych przez Doktorantkę. Analizy wykonywano w układzie statycznym oraz przepływowym, przy czym układ przepływowy oceniano przy zastosowaniu elektrolizera jednokomorowego oraz dwukomorowego. Z uwagi na możliwość generowania produktów innych niż związane z mineralizacją, Autorka identyfikowała produkty z wykorzystaniem chromatografii cieczowej połączonej z tandemową spektrometrią mas LC-MS/MS, gdzie źródłem jonów była jonizacja przez rozpylanie w polu elektrycznym (ESI).

W części doświadczalnej Autorka opisała stosowany sprzęt laboratoryjny, odczynniki chemiczne, a także przebieg przeprowadzonych doświadczeń. Omówiła metodykę syntezy fotokatalizatorów typu $x\text{Bi-B-TiO}_2$ otrzymanych metodą zol-żel, które różniły się ilością bizmutu przy stałej zawartości B (2% mol. B/Ti) w TiO_2 . Do oceny fizykochemicznej zsyntezowanych serii fotokatalizatorów Doktorantka wykonała pomiary widm UV-Vis i wyznaczyła szerokość pasma wzbronionego stosując odpowiednią transformację funkcji Kubelki-Munka dla półprzewodników skośnych. Zdolność fotokatalizatorów do rekombinacji fotogenerowanych par nośników ładunków elektron-dziura oceniła na podstawie pomiarów za pomocą spektrofotometru luminescencyjnego w zakresie promieniowania elektromagnetycznego 300-700 nm. Pomiaru powierzchni właściwej dokonała metodą Brunauer'a, Emmett'a i Teller'a. Badania powierzchni fotokatalizatorów, w tym określenie rodzaju oraz stopnia utleniania pierwiastków znajdujących się w otrzymanych próbkach wykonała techniką spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS). Do określenia składu fazowego fotokatalizatora zastosowała metodę proszkowej dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (ang. *X-Ray Diffraction* - XRD), a zdjęcia powierzchni cząstek zostały przeprowadzone za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego.

Badanie właściwości optycznych Autorka przeprowadziła korzystając z symulatora światła słonecznego i na podstawie uzyskanych wyników określiła stałe szybkości wyznaczone z równania reakcji pierwszego rzędu. Badanie fotokatalizy leków przeprowadziła w otwartym reaktorze z odpowiednią dawkę fotokatalizatora stosując naświetlania promieniowaniem elektromagnetycznym z zakresu UV-Vis ($\lambda > 290$ nm) lub Vis ($\lambda > 420$ nm), a następnie określiła stężenie testowanych leków metodą HPLC-UV. Wybrane próbki poddała analizie LC-(ESI)MS/MS w celu zidentyfikowania produktów rozkładu leków. Doktorantka oznaczyła również zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO, ang. *Total Organic Carbon*) oraz azotu ogólnego (TN, ang. *Total Nitrogen*) jak i stężenie jonów nieorganicznych uwolnionych podczas rozkładu leku. Badanie mechanizmu reakcji prowadziła w roztworach leków z wymiataczami: 2-propanolem (2-PrOH) i jonami F⁻. Badanie fotolitycznej degradacji leków przeprowadziła zgodnie z wytycznymi OECD 316 pobierając próbki które analizowała metodą HPLC-UV na zawartość poszczególnych leków. Ponadto wykonała widma UV-Vis roztworów leków cytostatycznych w buforach przed naświetlaniem, aby sprawdzić absorpcję leków w zależności od pH w zakresie promieniowania elektromagnetycznego od 200 do 400 nm.

W badaniach dotyczących elektrochemicznego usuwania leków wykorzystwała elektrodę BDD/Si w trzech konfiguracjach układu badawczego: układ statyczny, układ przepływowy jednokomorowy (S I) oraz dwukomorowy z podziałem na część katodową i anodową elektrolizera (S II). Elektrolizę Autorka prowadziła w warunkach galwanostatycznych oceniając wpływ gęstości prądowej oraz początkowej pH₀ na efektywność elektrochemicznego utleniania ifosfamidu i cyklofosfamidu. Ponadto, określiła wpływ początkowego stężenia IF oraz wybranych jonów nieorganicznych: NH₄⁺, NO₃⁻, H₂PO₄/HPO₄²⁻, HCO₃⁻ i Cl⁻ na proces elektrochemicznego usuwania leków. Wpływ gęstości prądowej oraz natężenia przepływu na szybkość i efektywność usuwania leku także określała w badaniach galwanostatycznych prowadzonych w układzie przepływowym S I i S II, podczas których pobierała próbki do analizy techniką HPLC-UV. Produkty elektrochemicznego rozkładu zidentyfikowała używając techniki LC-(ESI)MS/MS. Oznaczyła ponadto zawartość OWO i TN, a także stężenie jonów nieorganicznych uwolnionych podczas rozkładu leku. Autorka przeprowadziła także test inhibicji wzrostu rzęsy drobnolistnej *Lemna minor*. Badania te miały na celu weryfikację efektywności usuwania leków w zależności od budowy elektrolizera i warunków hydrodynamicznych.

Metodyka tych badań, szczegółowo opisano na 15 stronach dysertacji została uzupełniona o ryciny i tabele, które w atrakcyjny sposób ilustrują przebieg tych eksperymentów. Doświadczenia były bardzo starannie zaplanowane i wykonane. Warunkiem podejmowania wysoce specjalistycznych badań jest dostępność aparatury. Autorka miała możliwość zastosowania np. skaningowego mikroskopu elektronowego oraz HPLC i LC-MS/MS dzięki współpracy z innymi jednostkami naukowymi.

Efektom przeprowadzenia szeroko zaplanowanych i wielokierunkowych badań było uzyskanie bardzo dużej liczby danych, które zostały przedstawione za pomocą starannie opracowanych tabel i rysunków. W rozdziale „Wyniki badań i dyskusja” Doktorantka krytycznie przeanalizowała i w przejrzysty sposób zinterpretowała wyniki badań w odniesieniu do założeń pracy oraz w odniesieniu do najnowszych danych naukowych w zakresie ochrony środowiska. Wyniki tych badań podzieliła na dwa bloki tematyczne dotyczące fotokatalizy 5-fluorouracylu, ifosfamidu i cyklofosfamidu oraz imatynibu oraz część prezentującą dane uzyskane w badaniach elektrochemicznego utleniania fluorouracylu, ifosfamidu i cyklofosfamidu.

Istotne wnioski płynące z badań przeprowadzonych w związku z rozprawą doktorską są następujące:

- Fotokataliza i elektroliza należą do efektywnych metod eliminacji leków cytostatycznych z roztworów wodnych,
- Dodatek Bi i B w TiO_2 zwiększa aktywność fotokatalityczną otrzymanych materiałów, przy czym optymalną zawartość bizmutu oszacowano na poziomie 3% mol Bi/Ti,
- Za rozkład cytostatyków w obecności 3-Bi-B- TiO_2 odpowiedzialne są głównie rodniki hydroksylowe zaadsorbowane na powierzchni fotokatalizatora – $\cdot\text{OH}_{\text{ads}}$,
- Szybkość i efektywność procesu fotokatalizy leków jest uwarunkowana dawką fotokatalizatora, stężeniem utlenianego zanieczyszczenia oraz początkową wartością pH_0 ,
- Fotokataliza 5-fluorouracylu, cyklofosfamidu i ifosfamidu nie gwarantuje całkowitej mineralizacji, jednakże powstające produkty (w tym kwasy karboksylowe), będą mogą być prawdopodobnie usuwane w procesach biodegradacji. W przypadku 5-fluorouracylu powstająca mieszanina produktów jest nietoksyczna wobec *Lemna Minor*,
- Cyklofosfamid i ifosfamid są efektywnie usuwane w procesie elektrochemicznego utleniania w układzie statycznym i przepływowym, a parametrami decydującymi o efektywności tego procesu to stężenie utlenianego zanieczyszczenia oraz gęstość prądowa,
- Eliminacja ifosfamidu w procesie elektrolizy w układzie statycznym jest wyższa w obecności jonów Cl^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, NH_4^+ , NO_3^- , HCO_3^- ,
- Drogi degradacji cyklofosfamidu i ifosfamidu są odmienne, co potwierdzają produkty elektrochemicznego ich rozkładu,
- Mieszaninę produktów elektrochemicznego rozkładu roztworu cyklofosfamidu i ifosfamidu charakteryzuje wyższa eko-toksyczność w testach z *L. minor* względem

roztworów wyjściowych, co prawdopodobnie wynika z powstawania aktywnych form chloru i chorowcoorganicznych produktów,

- Dyfuzja leków oraz na generowanie rodników $\cdot\text{OH}$ w układzie S I jest pozytywnie skorelowane z natężeniem przepływu, natomiast w układzie S II takiego zjawiska nie występuje,
- Ilość tworzonych rodników $\cdot\text{OH}$ w obu badanych układach przepływowych nie jest skorelowana z gęstością prądową,
- W przeciwieństwie do układu SI, zmiana pH roztworu w układzie przepływowym nie wpływała na szybkość usuwania leku,
- Analiza powstałych produktów oraz stopień mineralizacji potwierdziła bardziej efektywny rozkład leków w układzie S II.

Wyniki eksperymentów przedstawione w rozprawie mogą stać się punktem startowym do kolejnych badań prowadzonych w kierunku zwiększenia możliwości aplikacyjnych opisanych metod. Tym samym, prawdopodobieństwo ich stosowania w procesach uzdatnianiu wody jest duże, co może znacząco zredukować negatywny wpływ leków na środowisko naturalne.

Dysertację kończy spis literatury obejmujący 173 pozycje, który dobrze koreluje z podjętą tematyką badań. Rozprawa doktorska jest napisana i zredagowana bardzo starannie i stanowi logiczną całość. Drobnych niedopatrzeń edytorskich i czasami niewłaściwie użytej nomenklatury chemicznej, którą dostrzegłam, nie wyszczególniam ze względu na jej znikomy wpływ na wartość naukową przedstawionej do oceny dysertacji.

Pewnym niedopatrzeniem jest brak opisu parametrów walidacyjnych metody HPLC-UV, którą zastosowano do określania profilu stężeń leków w w/w badaniach. Doktorantka wprawdzie podała w Tabeli 4 warunki analizy chromatograficznej do analizy leków cytostatycznych, ale równie istotne są parametry walidacyjne, a zwłaszcza precyzja i dokładność, które pozwalają ocenić, z jakim błędem wyznaczane zostało stężenie analitów w badanych próbkach.

Kolejna uwaga dotyczy liczby powtórzeń poszczególnych eksperymentów. W części doświadczalnej podano informację o dwukrotnym wykonywaniu analiz, ale była ona zamieszczona tylko dla niektórych badań. Wskazane jest podanie liczby powtórzeń przy wszystkich rysunkach i tabelach opisujących uzyskane wyniki.

Istotnym byłoby także prezentowanie wyników analiz poprzez podanie wartości średniej i odchylenia standardowego. To pozwala rzetelnie określić, z jakim błędem dany parametr został wyznaczony. Unika się wówczas sytuacji, że dane liczbowe prezentowane na rysunku i w tabeli opisujące te same parametry są różne, chociaż dotyczą tego samego parametru (Rysunek 13 i Tabela

6). Zakładam, że pomiary zostały wyznaczone dla dwóch niezależnych analiz wykonanych w trakcie prowadzenia tych badań.

Jeden z produktów pośrednich 5-fluoruracylu przedstawiony na Rysunku 26 został nieprawidłowo opisany. Imatynid nie został uwzględniony w spisie odczynników.

Wyżej wymienione niedociągnięcia nie wpływają na wartość naukową przedstawionej do oceny dysertacji, która zasługuje na pochwałę. Poza wysoką oceną tematyki i warsztatu naukowo-badawczego mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej, podkreślić należy nowatorstwo zaprojektowanych badań. Bez wątplenia docenić należy umiejętność Doktorantki do stawiania pytań i poszukiwania sposobów rozwiązywania problemów badawczych, umiejętność korzystania z literatury naukowej stanowiącej przedmiot badań oraz właściwej interpretacji wyników.

Liczba danych i ilość informacji zgromadzonych w rozprawie jest znacząca, co świadczy o istotnym zaangażowaniu Doktorantki w realizację badań. Potwierdza to także Jej bardzo wysoki dorobek naukowy zgromadzony poza cyklem prac włączonych do rozprawy doktorskiej, który zawiera 9 publikacji o łącznym współczynniku oddziaływania *Impact Factor* = 37,153 (sumaryczny IF = 67,706) oraz czynny udział na licznych konferencjach i sympozjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (8 komunikatów ustnych, 47 doniesienia plakatowe). Doktorantka aktywnie uczestniczy w propagowaniu wiedzy, a także posiada bogate doświadczenie w realizacji projektów badawczych finansowanych ze źródeł zewnętrznych. To dowodzi Jej znacznemu zaangażowaniu, przygotowaniu do samodzielnego planowania i realizowania badań, ale także umiejętności w pracy zespołowej.

Reasumując, oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej nt. *Usuwanie leków cytostatycznych z roztworów wodnych w procesie fotokatalizy i elektrolizy* stanowi oryginalne opracowanie naukowe. Dysertacja spełnia wymogi formalne i warunki określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i na jej podstawie zwracam się do wysokiej Rady Wydziału Chemicznego Uniwersytetu Gdańskiego z wnioskiem o jej przyjęcie i dopuszczenie mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto, z uwagi na znaczącą wartość naukową przedstawionej do oceny dysertacji, którą potwierdzają cztery oryginalne prace naukowe oraz jedna publikacja pogładowa (w dwóch Doktorantka jest pierwszym autorem), opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych o łącznym współczynniku oddziaływania IF = 30,553 wnoszę do Rady Wydziału Chemicznego Uniwersytetu Gdańskiego o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Fiszka Borzyszkowskiej.

Mlewis