



Olsztyn 10.05 2019

Prof. dr hab. Hanna Radecka  
Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności  
Polskiej Akademii Nauk  
10-748 Olsztyn Ul. Tuwima 10

### **RECENZJA**

**dorobku naukowego dr Krzysztofa Stolarczyka ze szczególnym uwzględnieniem  
rozprawy habilitacyjnej pt:  
*„Zastosowanie nanomateriałów węglowych do konstrukcji enzymatycznych  
bioczujników i bioogniw”***

Dr Krzysztof Stolarczyk ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego w 2000 roku. Pracę magisterską pt: „Klasterzy złota modyfikowane tiolami” wykonał pod kierunkiem prof. dr hab. Renaty Bilewicz.

W roku 2006 uzyskał stopień doktora nauk chemicznych na podstawie rozprawy „Właściwości elektrod modyfikowanych związkami organotiolowymi i klasterami złota ”. Promotorem rozprawy była Pani prof. dr hab. Renaty Bilewicz.

Kariera naukowa Pana dr Krzysztofa Stolarczyka jest ściśle związana z Wydziałem Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. W latach 2005 - 2007 Kandydat zajmuje stanowisko specjalisty naukowo – technicznego, w latach 2007-2010 – wykładowcy, a w latach 2010 - 2014 - adiunkta. Od roku 2014 do chwili obecnej Pan dr Krzysztof Stolarczyk ponownie obejmuje stanowisko wykładowcy.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk chemicznych, Habilitant konsekwentnie kontynuuje badania naukowe zainicjowane w czasie realizacji pracy magisterskiej i rozprawy doktorskiej. Uzyskane osiągnięcia naukowe stanowią podstawę monotematycznego cyklu dziesięciu wybranych publikacji pt: „Zastosowanie nanomateriałów węglowych do konstrukcji enzymatycznych bioczujników i bioogniw”. O dojrzałości naukowej Pana dr

Krzysztofa Stolarczyka świadczy jego zaangażowanie w realizację licznych (5) projektów badawczych własnych przyznawanych młodym naukowcom. W sześciu innych projektach Autor pełnił funkcję wykonawcy.

Pan dr Krzysztof Stolarczyk brał czynny udział w licznych konferencjach krajowych i zagranicznych, prezentując postery, a także wygłaszając komunikaty. Szereg z jego wystąpień zostało nagrodzonych.

Zaproszenia do recenzowania prac w renomowanych krajowych i międzynarodowych czasopismach takich jak: *Chemia Analityczna*, *Electrochimica Acta*, *Synthetic Metals*, *Bioelectrochemistry*, *Biosensors and Bioelectronics*, świadczą o tym, że Habilitant jest w docenianym naukowcem.

Pan dr Krzysztof Stolarczyk otrzymał szereg stypendiów: doktoranckie w latach 2010-2014, PFRON w ramach programu „Student” i stypendium specjalne Prezesa Państwowego Funduszu Osób Niepełnosprawnych - w semestrze letnim 2004/2005, konferencyjne ze środków Konferencyjnego Funduszu Stypendialnego Młodych Elektrochemików w roku 2006, stypendium z Konkursu Stypendialnego dla najlepszych młodych doktorów w semestrze 2010/2011 oraz stypendium w ramach programu KNOW.

Pan dr Krzysztof Stolarczyk odbył w roku 2017 dwu miesięczny staż naukowy w Department of Medical Chemistry and Biochemistry, Faculty of Medicine and Dentistry Palacky University (Ołomuniec, Czech Republic), gdzie został zaproszony do wygłoszenia seminarium pt: ” Different nanomaterials for biofuel cell construction and anticancer drug delivery application” .

Do działalności międzynarodowej Kandydata można zaliczyć jego udział w grancie europejskim “Bioenergy-Biofuel Cells: from Fundamentals to Applications of bioelectrochemistry” FP7-PEOPLE-2013-ITN Marie Curie Actions. W ramach tego projektu Pan dr Krzysztof Stolarczyk pełnił rolę opiekuna doktorantów: Juliany Sim Sin Kiat z Malezji oraz Michała Kizlinga – laureata Grantu Diamentowego.

### ***Ocena rozprawy habilitacyjnej***

Podstawą rozprawy habilitacyjnej jest 10 spójnych tematycznie artykułów. Ich głównym celem było opracowanie nowych bioogniw oraz bioczuJNIKÓW, których konstrukcja była oparta o zastosowanie wielofunkcyjnych, przyjaznych dla środowiska

materiałów elektrodowych odpowiednich do unieruchamiania enzymów spełniających kluczową rolę w powyższych urządzeniach.

Już we wstępie do Autoreferatu, Pan dr Krzysztof Stolarczyk podkreśla aspekt aplikacyjny swoich badań, które miały doprowadzić do opracowania bioogniwa charakteryzującego się wysoką gęstością prądu i długim czasie działania, z zachowaniem jak najprostszej konstrukcji i jak najniższych kosztów. Potrzeba realizacji powyższego celu jest uzasadniona przez Autora we „Wprowadzeniu” do Autoreferatu.

Analizując 10 wybranych publikacji, Autor przedstawia systematyczne badania prowadzące do wyznaczonego celu. Motywem łączącym wszystkie artykuły jest stosowanie różnorodnych materiałów w celu uzyskania dobrego kontaktu pomiędzy centrum redoks aktywnym enzymu a powierzchnią elektrody.

W pracy [H1 - *Electrochemistry Communications*, 9, 2007, 115-118], Autor zastosował elektrodę diamentową domieszkowaną borem (BDD) i uzyskał bezmediatorową katalityczną redukcję tlenu w obecności lakazy zarówno obecnej w roztworze, jak i unieruchomionej na elektrodzie BDD. Na uwagę zasługuje znaczące zmniejszenie nadpotencjału redukcji tlenu. Bezmediatorową redukcję tlenu Autor uzyskał stosując elektrody węglowe zmodyfikowane nanorurkami węglowymi oraz mikocząsteczkami węgla. Tak zmodyfikowane elektrody posłużyły do unieruchamiania lakazy. Uzyskane wartości gęstości prądu redukcji tlenu były od 10 do 40 razy większe w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla elektrody diamentowej domieszkowanej borem [H2 – *Electrochimica Acta*, 53, 2008, 3983-3990].

W kolejnym etapie badań, Autor zastosował nanorurki węglowe zmodyfikowane kwasem 2,2'-azobis-(3-etylobenzotrazo-sulfonowym) (ABTS). Efektywność działania mediatora ABTS kowalencyjnie związanego na końcach nanorurek była wyższa w porównaniu z modyfikacją na bocznych ściankach nanorurek. Autor wykazał, że modyfikacja nanorurek ABTS spowodowała zwiększenie ilości zaadsorbowanych cząsteczek lakazy z jednoczesnym zachowaniem jej odpowiedniej orientacji [H3- *Bioelectrochemistry*, 80, 2010, 73-80]. Kontynuacją tego wątku jest zastosowanie modyfikacji nanorurek grupami antracenyłowymi lub antrachinonowymi [H4-*Bioelectrochemistry*, 87, 2012, 154-163]. Autor wykazał pozytywny wpływ obu grup na unieruchamianie lakazy z zachowaniem jej właściwej orientacji. Kolejnymi materiałami zastosowanymi do modyfikacji nanorurek węglowych w celu uzyskania lepszych warunków do unieruchamiania enzymów były: grupy fenyłowe (pojedyncze, podwójne, potrójne oraz grupa naftyłowa), ferrocen oraz oksydaza glukozowa (GOx). Dodatkowym elementem modyfikującym był nafion.

Najwyższą gęstość prądu redukcji tlenu przy potencjale 0.2 V otrzymano dla elektrody pokrytej jednościenneymi nanorurkami węglowymi modyfikowanymi terfenylem i lakazą w warstwie nafionu [H5-Electrochimica Acta, 79, 2012, 74-81].

W przypadku zastosowania enzymu GOx, na anodzie powstaje nadtlenuk wodoru w wyniku redukcji tlenu. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dezaktywuje GOx. Autor uniknął tego problemu stosując katalazę związaną kowalencyjnie z nanorurkami, uzyskując w ten sposób reakcję dysproporcjonowania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> do H<sub>2</sub>O oraz O<sub>2</sub>.

Bardzo dobre parametry katalitycznej redukcji tlenu w obecności lakazy Autor uzyskał stosując elektrodę GCE pokrytą nanorurkami węglowymi połączonymi z bifenylem za pomocą wiązania grypy aminowej z grupą sulfonową [H6- Journal of Power Sources, 249, 2014, 263-269].

Autor z powodzeniem zastosował do konstrukcji bioogniwi również dehydrogenazę fruktozową (FDH) unieruchomioną w kompozycie składającym się z nanocelulozy oraz polipirolu. Celuloza została uzyskana z alg Cladophora, rozrastających się w Morzu Bałtyckim. Zatem, konstrukcja tego bioogniwa posiada również aspekt ochrony środowiska naturalnego [H7-Electrochemistry Communications, 50, 2015, 55-59].

Kompozyt nanoceluloza / polipirol został również zastosowany do unieruchomienia lakazy z zachowaniem jej aktywności katalitycznej oraz bezmediatorowego przeniesienia elektronu w reakcji redukcji tlenu [H9- Bioelectrochemistry, 112, 2016, 184-190].

Układ składający się z trzech połączonych bioogniwi z superkondensatorem do zasilania urządzenia potencjostatu został przedstawiony w pracy [H8 -Bioelectrochemistry, 106, 2015, 34-40].

W pracach [H8- Bioelectrochemistry, 106, 2015, 34-40] i [H9- Bioelectrochemistry, 112, 2016, 184-190] Autor wykazał, że opracowane przez niego enzymatyczne ogniwa paliwowe rzeczywiście mogą być zastosowane do zasilania małych urządzeń pomiarowych. Uzyskane wyniki zostały zabezpieczone 27.03.2017 w postaci patentu PL 414079-A1 „Samozasilający układ pomiarowy, urządzenie sensora, moduł zarządzająco-zasilający, urządzenie elektroniczne oraz sposób działania hybrydowego ogniwa biopaliwowego”

Autor interesował się również poszukiwaniem mediatorów odpowiednich do przeprowadzania efektywnej reakcji katalitycznej redukcji tlenu w obecności lakazy. W tej roli zastosował dwa związki: promazyne – lek uspokajający i antywymiotny, oraz acetosyringon – indykator uszkodzenia tkanki w roślinach dwukłasiennych. Oba związki zostały osadzone elektrochemicznie na powierzchni nanorurek węglowych. Dwukrotnie wyższe zwiększenie gęstości prądu redukcji tlenu zaobserwowano w przypadku

mediacyjnego działania acetosyringonu. Powyższe układy Autor zastosował również do konstrukcji czujników enzymatycznych do oznaczania tlenu [H10 – Catalysts, 8, 2018, 414].

Podsumowując, należy stwierdzić, że Autor osiągnął zamierzony cel i opracował szereg bioogniw charakteryzujących się dobrym parametrami. Dobór odpowiednich materiałów stosowanych do unieruchamiania enzymów, głównie lakazy, umożliwił bezmediatorowy bezpośredni transport elektronów z centrum redoks aktywnego do elektrody.

Zestawienie uzyskanych osiągnięć w postaci tabeli znacznie ułatwiłoby śledzenie systematycznego poprawiania parametrów bioogniw, do konstrukcji których Autor stosował różnorodne materiały.

Tytuł osiągnięcia naukowego Kandydata, moim zdaniem, nie jest w pełni adekwatny, ponieważ to bioogniwa a nie bioczujniki są głównym przedmiotem jego zainteresowań naukowych.

W Autoreferacie zbrakło podsumowania, a także przedstawienia perspektywy rozwoju kierunku badań będących przedmiotem zainteresowań naukowych Kandydata.

Spośród cytowanych w Autoreferacie pozycji literaturowych (44), tylko 8 zostało opublikowanych w ciągu ostatnich pięciu lat.

### ***Ocena dorobku naukowego***

Dorobek naukowy dr Krzysztofa Stolarczyk składa się z 33 publikacji, 28 z nich zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z bazy Journal Citation Reports posiadających bardzo wysokie wskaźniki oddziaływania (IF). Sumaryczny IF wynosi 83,824. Liczba cytowań jest wysoka i wynosi 400 (bez autocytowań – 337). Indeks Hirscha H jest równy 11. Pan dr Krzysztof Stolarczyk jest pierwszym autorem w 5 artykułach wybranych do osiągnięcia naukowego. W jednym artykule pełni rolę autora korespondencyjnego. Jego znaczący udział w każdej pracy jest precyzyjnie określony i potwierdzony przez współautorów.

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk chemicznych Kandydat opublikował 5 artykułów w których jest pierwszym autorem. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk chemicznych, opublikował 11 artykułów (oprócz 10 wybranych, stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego). Powyższe artykuły związane są z bioelektrodami oraz bioogniwami.

Sześć artykułów Kandydat opublikował w ramach współpracy z Instytutem Farmaceutycznym w Warszawie oraz Warszawskim Uniwersytetem Medycznym. Artykuły te dotyczą zastosowania nanocząstek złota w roli nośników leków w terapiach antynowotworowych.

Pan dr Krzysztof Stolarczyk jest współautorem jednej monografii pt:” Właściwości i zastosowanie nanocząstek złota jako selektywnych nośników leków w transporcie antynowotworowych substancji czynnych” opublikowanej w Farmacji Polskiej 71(2) w roku 2015.

### ***Ocena dorobku dydaktycznego***

Pan dr Krzysztof Stolarczyk jest bardzo mocno zaangażowany w pracę dydaktyczną. Prowadził zajęcia dla studentów Uniwersytetu Warszawskiego z : chemii nieorganicznej, chemii ogólnej, dydaktyki chemii, chemii analitycznej. Pełnił funkcje opiekuna czterech prac magisterskich, funkcję promotora 9 prac licencjackich oraz 5 prac magisterskich.

Kandydat jest autorem licznych recenzji prac licencjackich jak i magisterskich.

Angażuje się również bardzo mocno w prowadzenie zajęć dla młodzieży szkół gimnazjalnych oraz ponadgimnazjalnych, a także w działalność popularyzującą chemię.

Działalność dydaktyczna Kandydata została nagrodzona w roku 2016 przez Dziekan Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego.

### ***Podsumowanie recenzji***

Podsumowując, stwierdzam, że zarówno całokształt dorobku, jak i rozprawa habilitacyjna Pana dr Krzysztofa Stolarczyka, charakteryzuje się wysokim poziomem naukowym.

Świadczą o tym wysokie współczynniki oddziaływania czasopism, w których zostały opublikowane artykuły wybrane jako podstawa osiągnięcia naukowego: Electrochemistry Communications (IF 4,186) – dwa artykuły, Electrochimica Acta ( IF 3,078) –dwa artykuły, Bioelectrochemistry (IF 3,520) – 4 artykuły, Journal of Power Sources (IF 6,217) – jeden artykuł, Catalysts (IF 3,465) – jeden artykuł.

Na podkreślenie, zasługuje spójność tematyczna wyżej wymienionych artykułów, a także bardzo pożądanym aspektem aplikacyjnym.

Kandydat wykazał się również umiejętnością współpracy z innymi zespołami naukowymi.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że dorobek naukowy, rozprawa habilitacyjna oraz działalność dydaktyczna Pana dr Krzysztofa Stolarczyka spełniają wszystkie wymogi stawiane rozprawom habilitacyjnym określonym w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003r. i wnoszę o dopuszczenie Pana dr Krzysztofa Stolarczyka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Prof. dr hab. Hanna Radecka

