

Gliwice, 15. 04. 2021 r.

Recenzja w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne

Przedmiotem rozprawy habilitacyjnej pana dra inż. Jakuba Zdarty jest cykl spójnych tematycznie 13 publikacji przedstawiony i opisany w Autoreferacie.

Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Jakub Zdarta ukończył studia magisterskie na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu w 2010 roku. Promotorem pracy dyplomowej, pt.: *Studia nad syntezą oligonukleotydu zawierającego addukt 2'-deoksyguanozyny z aldehydem malonowym i octowym* był prof. dr hab. Henryk Koroniak. Jednocześnie Habilitant podjął studia inżynierskie na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, a w 2013 roku obronił pracę inżynierską zrealizowaną pod opieką dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej, pt.: *Immobilizacja Amano Lipase A na powierzchni krzemionki*.

W 2012 roku dr inż. Jakub Zdarta rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Technologii Chemicznej w ambitnej grupie prof. dra hab. inż. Teofila Jesionowskiego, rozwijając swoje wcześniejsze zainteresowania dotyczące immobilizacji enzymów na stałych nośnikach. Warto już w tym miejscu zauważyć, że Habilitant wykazał się w tym okresie nadzwyczajną aktywnością naukową będąc współautorem 21 publikacji z listy JCR, w których aż w 8 był pierwszym autorem, co wskazuje na jego duży wkład w prowadzone badania. Dodatkowo odbył 3-miesięczny staż zagraniczny na Politechnice w Danii (DTU) w grupie prof. Anne S. Mayer. W roku 2017, pod opieką prof. dra hab. inż. Teofila Jesionowskiego, jako promotora pracy doktorskiej otrzymał stopień naukowy doktora nauk chemicznych w zakresie technologii chemicznej, broniąc pracę doktorską, pt.: *Immobilizacja enzymów na wybranych nośnikach organicznych i nieorganicznych, z wyróżnieniem*.

Następne kroki we wspaniałej rozpoczętej karierze naukowej dra inż. Jakuba Zdarty są wzorcowe. W latach 2017–2018 powraca do Danii, tym razem na pełny roczny staż naukowy w grupie prof. Anne S. Mayer (DTU Bioengineering, Department of Biotechnology and Biomedicine) i prof. Manuela Pinelo (DTU Chemical Engineering, Department of Chemical and Biochemical Engineering). Staż pozwolił mu nie tylko na zdobycie nowych doświadczeń naukowych, ale również na rozpoczęcie cennej i trwałej współpracy międzynarodowej obfitującej w publikację wspólnych artykułów. Habilitant jest bardzo aktywny we współpracy międzynarodowej pozyskując stale nowych partnerów naukowych w Uniwersytetach w Chinach, Australii i Meksyku. Współpracuje również z polskimi jednostkami naukowymi, takimi jak Uniwersytet im. A. Mickiewicza czy Politechnika Warszawska. Powrót do kraju związany jest z zatrudnieniem w 2018 roku na stanowisku asystenta naukowego, a następnie od 2020 roku na stanowisku adiunkta w jednostce macierzystej, w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Habilitant podejmuje dalsze wyzwania projektowania, wytwarzania i aplikacji systemów biokatalitycznych. Nie pozostaje jednak tylko przy tej tematyce, realizując również badania związane z opracowaniem efektywnych metod usuwania substancji farmaceutycznie aktywnych z grupy związków psychotropowych oraz estrogenów z roztworów wodnych, z wykorzystaniem funkcjonalnych systemów biokatalitycznych opartych o immobilizowane oksydoreduktazy. Interesuje się również wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni do identyfikacji związków organicznych i nieorganicznych. Kandydat był wyróżniany nagrodami JM Rektora Politechniki Poznańskiej, ale również przyznano mu Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Wybitnych Młodych Naukowców.

Dr inż. dr inż. Jakub Zdarta jest już współautorem 55 publikacji (indeks Hirscha wynosi 18). Warto zwrócić uwagę, że Habilitant szlifuje wiedzę dotyczącą biokatalizy od początku swojej kariery naukowej, która jest bardzo intensywna zważywszy, że dr inż. Jakub Zdarta pracował nad ocenianym awansem jedynie 4 lata. Można stwierdzić, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny Kandydata jest bogaty i oryginalny, aktywnie pozyskuje środki na finansowanie badań oraz stał się rozpoznawalnym ekspertem w zakresie immobilizacji enzymów na organicznych i nieorganicznych nośnikach.

Ocena osiągnięcia naukowego

Rozprawa habilitacyjna dra inż. Jakuba Zdarty stanowi spójny zbiór 13 monotematycznych publikacji z listy filadelfijskiej. Główne osiągnięcia naukowe Habilitant definiuje jako:

Projektowanie systemów biokatalitycznych i ich rola w procesach konwersji biomasy oraz unieszkodliwiania wybranych zanieczyszczeń środowiskowych.

Tematyka podjęta przez habilitanta jest nowoczesna i bardzo istotna. Stąd też można się było spodziewać publikacji wyników w najlepszych czasopismach naukowych dotyczących tematu. Spośród 34 opublikowanych prac po uzyskaniu stopnia doktora habilitant jako podstawę wybrał 13 artykułów opublikowanych w latach 2017-2020 stanowiących monotematyczny cykl. Na wyróżnienie zasługuje fakt, że Habilitant jest we wszystkich publikacjach pierwszym autorem oraz autorem do korespondencji. Z oświadczeń współautorów o wkładzie w powstanie artykułów wynika, że jest wiodącym autorem oraz twórcą koncepcji naukowych we wszystkich pracach, planował i wykonywał eksperymenty, interpretował wyniki badań oraz współredagował wraz ze współautorami manuskrypty.

Przedstawione do cyklu publikacje są opublikowane w renomowanych czasopismach o wysokich IF (2,972-12,831), takich jak, np. *Advances in Colloid and Interface Science*, *Biotechnology Advances* czy *Science of the Total Environment*, znajdujących się na wysokich pozycjach na liście MNiSW. Trzem spośród nich przyznano 200 pkt, trzem innym 140 pkt, pozostałe siedem jest za 100 pkt.

Tematyka badań zaproponowana przez Habilitanta jest zaliczana do tzw. „hot topics”. Prowadzone w ostatnich latach prace związane z waloryzacją biomasy do produktów wysokomarżowych przyczyniły się do dynamicznego rozwoju biotechnologii. W dużej mierze jest to efekt spektakularnych postępów w biologii molekularnej osiągniętych w ostatnich dwóch dekadach. Przewiduje się, że zastosowanie enzymów będzie w przyszłości stymulowane przez powstającą gospodarkę opartą na biotechnologii i koncepcji biorafinerii. Światowy rynek chemikaliów odnawialnych ciągle rośnie i ma osiągnąć wartość około 155 mln dolarów w 2025 roku. Jednym z wyzwań stawianych biotechnologii jest opracowanie wydajnych, selektywnych i stabilnych biokatalizatorów. Odpowiednie zaprojektowanie biokatalizatora może skutkować w powstawaniu niskoodpadowych i niskoenergetycznych, przyjaznych środowisku procesów. Istotnym zagadnieniem jest problem stabilizacji enzymów. W tym przypadku podstawową metodą jest immobilizacja enzymu w sposób kowalencyjny lub

niekowalencyjny, oparta na adsorpcji enzymu na stałych nośnikach o dobrze zdefiniowanych właściwościach powierzchniowych. Tak więc Habilitant podjął ważne cele badawcze, które wpisują się w intensywny rozwój biokatalizy. Kluczowy aspekt przeprowadzonych badań dotyczył zastosowania wytworzonych systemów biokatalitycznych w procesach konwersji biomasy (H1-H4) oraz usuwania wybranych zanieczyszczeń środowiskowych (H5-H13).

Habilitant rozpoczął profesjonalnie swoje badania od przeglądu aktualnego stanu wiedzy dotyczącego właściwości materiałów stosowanych jako nośniki do unieruchamiania enzymów, który opisał w pracy H1. W następnej pracy H2 Habilitant wykorzystał celulazę pozyskaną z grzyba *Aspergillus niger*, jako enzym zdolny do depolimeryzacji celulozy na drodze jej hydrolitycznego rozkładu. Enzym osadzono fizycznie na nieorganiczno-organicznej matrycy hybrydowej TiO₂-lignina. Unieruchomiony enzym wykazał znaczną poprawę stabilności termicznej i chemicznej (przy względnej aktywności powyżej 80% po 3 godzinach inkubacji). Ponadto po 10 kolejnych cyklach hydrolizy unieruchomiona celulaza zachowała ponad 90% swojej początkowej aktywności, co potwierdza jej stabilność operacyjną. Wytworzony układ biokatalityczny może być w przyszłości zastosowany przemysłowo bez znaczącej utraty właściwości w ciągu kilku cykli reakcyjnych. Ponadto zsyntetyzowany materiał hybrydowy i zastosowana metodologia immobilizacji mogą być łatwo wykorzystane do unieruchomienia innych biokatalizatorów. Prace nad doбором nośnika w immobilizacji enzymów do wykorzystania w procesach konwersji biomasy kontynuowano z wykorzystaniem enzymów mogących znaleźć zastosowanie w reakcjach transformacji cukrów pozyskanych z biomasy do bardziej wartościowych związków, co zaprezentowano w pracach H3 i H4. Wykazano, że wolne enzymy po 3 cyklach reakcyjnych zachowały mniej niż 20% początkowej aktywności, podczas gdy unieruchomione białka, wykazały ok. 40-proc. aktywność. Zaproponowano materiały krzemionkowe jako efektywne nośniki w procesie immobilizacji dehydrogenaz. Relatywnie wysoka efektywność przedstawionych metod oraz możliwość wielokrotnego wykorzystania unieruchomionych enzymów pozwoliła wnioskować o potencjalnym praktycznym zastosowaniu przedstawionych procedur. Autor zbadał również zjawisko koimmobilizacji dehydrogenazy glukozowej oraz dehydrogenazy ksylozowej w pracy H4. Enzymy immobilizowane na powierzchni mezoporowatej krzemionki typu SBA 15 odznaczały się zachowaniem wysokiej aktywności i umożliwiły ponad 80-proc. konwersję zarówno ksylozy jak i glukozy do odpowiednich kwasów w szerokim zakresie pH i temperatury.

W następnej części zaproponowanych badań autor przedstawił efektywne rozwiązania z użyciem enzymów dotyczące usuwania zanieczyszczeń środowiskowych, które dodatkowo nie wymagają stosowania szkodliwych chemikaliów i nie generują problematycznych odpadów. Tym razem możliwość łatwego wydzielenia biokatalizatora z mieszaniny poreakcyjnej oraz jego wielokrotnego zawrotu do kolejnych cykli reakcji również odgrywa ważną rolę. W pracach H5-H13 przedstawiono biokatalizatory na bazie materiałów hybrydowych wytworzonych różnymi technikami z połączenia nieorganicznych i organicznych prekursorów, których właściwości zapewniają osiągnięcie wysokich efektywności procesów degradacji szkodliwych substancji.

Przedstawione powyżej wątki badawcze stanowią istotny wkład w innowacyjny charakter przedstawionych badań. Wytworzone układy biokatalityczne okazały się być wydajnymi katalizatorami procesów związanych z konwersją składników biomasy oraz usuwania wybranych zanieczyszczeń, w tym związków fenolowych.

W szczególności do najważniejszych osiągnięć zaprezentowanych badań w ramach monotematycznego cyklu artykułów można zaliczyć:

- opracowanie wysoce efektywnych metod wytwarzania innowacyjnych multifunkcyjnych biokatalizatorów na bazie materiałów pochodzenia organicznego, nieorganicznego oraz hybrydowych z wykorzystaniem różnych technik immobilizacji, w szczególności opracowanie metody wytwarzania nowej gamy materiałów elektroprzewodzących;
- zdefiniowanie rodzaju i charakteru oddziaływań enzym – nośnik oraz ocenę wpływu tych oddziaływań na właściwości unieruchomionego enzymu;
- opracowanie metody zastosowania unieruchomionej celulazy w procesie obróbki wstępnej biomasy;
- opracowanie efektywnej konwersji monosacharydów zawartych w rzeczywistym roztworze biomasy do wartościowych związków w wyniku użycia stałych biokatalizatorów;
- zwiększenie efektywności i przyspieszenie procesów katalitycznych dzięki wykorzystaniu procesu koimmobilizacji enzymów;
- opracowanie metody usuwania wybranych zanieczyszczeń środowiskowych z modelowych roztworów wodnych poprzez wykorzystanie immobilizowanych enzymów;
- określenie wpływu wybranych parametrów procesowych, w tym przede wszystkim pH, temperatury i stężenia farmaceutyków na efektywność ich biodegradacji;
- opracowanie metody konwersji tetracykliny w układzie ciągłym z zastosowaniem reaktora ze stałym złożem biokatalizatora;

- określenie produktów enzymatycznej transformacji tetracykliny, naproksenu i diklofenaku;
- ocenę i porównanie toksyczności mieszanin farmaceutyków przed i po procesie biodegradacji;
- opracowanie konwersji bisfenoli z użyciem immobilizowanych oksydoreduktaz.

Dodatkowo zakończenie autoreferatu jest intrygujące, gdyż Habilitant zapowiada, że zaprezentowane przez niego metody zostaną rozwinięte o założenia technologiczne, proces przeskalowania oraz będą prowadzone z użyciem roztworów rzeczywistych. To niesłychanie ważny cel, który na pewno znajdzie zainteresowanie ze strony przemysłu. Dlatego też warto zastrzeżać proponowane pomysły w urzędzie patentowym tuż przed ich publikacją.

Ocena całokształtu dorobku, współprac naukowych, pracy organizacyjnej i dydaktycznej

Dr inż. Jakub Zdarta jest współautorem 55 publikacji, w tym 35 po zakończeniu doktoratu, przy czym wartość indeksu Hirscha wynosi 18. Sumaryczny IF prac opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora wynosi 43,106, a po uzyskaniu stopnia znacznie się podwyższył i wynosi 136,087. Odpowiednio sumaryczna ilość punktów MNiSW przed uzyskaniem stopnia doktora wynosi 1740, a po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 3620. Natomiast, całkowita liczba cytowań opublikowanych prac (z dnia 23.11.2020 r.) wynosi 1341 (bez autocytowań 1183).

Habilitant jest również współautorem zgłoszenia patentowego nr P.435613, pt.: *Materiał hybrydowy przeznaczony korzystnie do immobilizacji enzymów oraz sposób jego wytworzenia* oraz współautorem trzech rozdziałów w książkach w języku angielskim oraz jednego rozdziału w języku polskim.

Uzyskane w trakcie realizacji pracy doktorskiej doświadczenie w kierowaniu dwoma projektami Preludium i Etiuda finansowanymi przez Narodowe Centrum Nauki rozwija pozyskując następny grant SONATA, pt.: *Biodegradacja estrogenów z wykorzystaniem zaawansowanych systemów biokatalitycznych opartych o immobilizowane oksydoreduktazy*. Dobierając tematykę realizowanego obecnie grantu Habilitant stara się utrzymywać w aktualnych trendach badawczych.

Dr inż. Jakub Zdarta był również głównym wykonawcą w projekcie badawczo-rozwojowym realizowanym we współpracy z partnerem przemysłowym (PTL clean up – *Enhanced value and expanded applications from 2G/hemicellulosic sugars from PTL (Pretreated Liquids)*) oraz wykonawcą w projekcie badawczym OPUS, pt.: *Zaawansowane*

platformy hybrydowe MxOy/biopolymer dla biosensorów. Dwukrotnie po doktoracie pozyskał finansowanie na działalność statutową młodej kadry.

W tym krótkim okresie realizacji badań związanych z habilitacją dr inż. Jakub Zdarta wygłosił 7 komunikatów na konferencjach międzynarodowych, oraz zaprezentował 11 posterów, a cztery z nich były wydrukowane w postaci materiałów pokonferencyjnych. Był aktywny również na krajowych konferencjach 19 razy prezentując swoje wyniki w postaci komunikatów i posterów, 9 z nich była opublikowana w materiałach pokonferencyjnych.

Działalność organizacyjna Habilitanta jest bogata i urozmaicona organizacją różnych wydarzeń popularno-naukowych. Był członkiem w Komitecie Organizacyjnym konferencji BioOrg 2015 – I Wielkopolskie Sympozjum Chemii Bioorganicznej, Organicznej i Biomateriałów (05.12.2015 r., Poznań) oraz brał udział w organizacji dwóch następnych konferencji z tego samego cyklu w 2017 i 2019 roku. Brał czynny udział w promocji Politechniki Poznańskiej na Targach Edukacyjnych (2015 i 2016 rok). Organizował warsztaty podczas dni otwartych organizowanych na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej w ramach ogólnouczelnianych akcji „Drzwi otwarte” oraz „Dziewczyny na Politechnikę (2015, 2016, 2019 rok). Organizował warsztaty „Poznaj chemiczne technologie przyszłości” podczas Nocy Naukowców organizowanej na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej w latach 2014–2016 oraz w 2018 i 2019 roku.

Jest członkiem *American Chemical Society* oraz członkiem Eitorial Board czasopisma Oxygen, wydawnictwo Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Habilitant pełnił funkcję Guest Editor w Special Issue *Nanomaterials for biotechnology*, *Journal of Nanomaterials*, Guest Editor w Special Issue *Silica and silica-based materials for biotechnology, polymer composites and environmental protection* w czasopiśmie *Materials* oraz Guest Editor w Special Issue *Polish Achievements in Materials Science and Engineering* w czasopiśmie *Materials*. Wykonał 128 recenzji publikacji w renomowanych czasopismach naukowych. W 2019 roku był recenzentem rozprawy doktorskiej pracy zatytułowanej: *Use of Ionic Liquids and Support Materials for High Performance Enzymatic Conversion of CO₂ into Formic Acid and Formaldehyde*, autorstwa Zhibo Zhang (Department of Chemical and Biochemical Engineering, DTU Chemical Engineering, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Dania).

Dr inż. Jakub Zdarta prowadzi zajęcia na następujących kierunkach studiów: Technologia Chemiczna, Inżynieria Chemiczna i Procesowa oraz Inżynieria farmaceutyczna, również w języku angielskim w ramach programu POWER, dotyczące technologii nieorganicznej,

materiałów kompozytowych oraz wybranych zagadnień współczesnej wiedzy chemicznej w formie wykładu, laboratoriów lub ćwiczeń. Jest obecnie promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich dotyczących katalizy enzymatycznej. Był promotorem trzech prac magisterskich oraz sześciu prac inżynierskich realizowanych na kierunku technologia chemiczna.

Powyżej przedstawione fakty aktywności dra inż. Jakuba Zdarty potwierdzają jego znaczące osiągnięcia, zarówno jako bardzo zdolnego naukowca, ale także prężnie działającego oraz dobrze zapowiadającego się nauczyciela akademickiego.

Podsumowanie

Oceniana praca habilitacyjna to przykład wybitnego i solidnie przemyślanego projektu badawczego, a jej rezultaty wnoszą istotną wartość do chemii systemów biokatalitycznych w procesach konwersji biomasy oraz unieszkodliwiania wybranych zanieczyszczeń środowiskowych, będąc bazą dla przyszłych zastosowań. Imponuje ogromem włożonej przez Habilitanta pracy oraz jego dojrzałość naukowa, która przejawia się publikacją wyników w najlepszych czasopismach naukowych, aktywnością w pozyskiwaniu grantów badawczych oraz bogatą współpracą międzynarodową. Obszerny, multidyscyplinarny program badawczy świadczy nie tylko o bardzo dobrym rozumieniu przez Habilitanta zagadnień związanych z badaną problematyką, ale również o Jego wysokich umiejętnościach syntetycznych i analitycznych, wykazując wysokie kompetencje zarówno w zakresie planowania eksperymentu jak i opracowania wyników i formułowania wniosków. To wszystko sprawia, że wniosek jest wyróżniający. Na wyróżnienie należy wysoki poziom naukowy zwartego cyklu publikacji, w których dr inż. Jakub Zdarta ma dominujący wkład. Ponadto, całkowity dorobek publikacyjny, aktywność konferencyjna i udział w projektach badawczych są imponujące, mając również na uwadze bardzo krótki okres realizacji badań zawartych we wniosku. Zdobyte doświadczenia z pewnością zaowocują dalszym rozwojem naukowym.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiony do oceny monotematyczny cykl publikacji stanowi znaczący wkład w rozwój biokatalizy. Całokształt dorobku, w tym działalność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna dra inż. Jakuba Zdarty spełniają wszystkie wymogi ustawowe do nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne. Wnioskuje o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.