

dr hab. Danuta Wojcieszynska, prof. UŚ
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
Wydział Nauk Przyrodniczych
Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice
tel. 32 2009567
e-mail danuta.wojcieszynska@us.edu.pl

Katowice, dn. 04.12.2023

**Ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej pt:
„Nieorganiczne matryce i ich modyfikowane formy jako komponenty układów
biokatalitycznych zawierających enzymy” oraz pozostałego dorobku naukowo-
badawczego, osiągnięć w zakresie dydaktyki, popularyzacji nauki i współpracy
naukowej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

*Podstawą opracowania recenzji było pismo Dziekana Wydziału Technologii
Chemicznej prof. dr hab. inż. Ewy Kaczorek z dnia 17.10.2023 w sprawie wykonania
oceny dorobku habilitacyjnego dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej*

Podstawę oceny stanowił komplet dokumentów związanych z postępowaniem habilitacyjnym w wersji elektronicznej. Dokumenty zawierały: wniosek o przeprowadzenie postępowania, dane wnioskodawcy, kopię dyplomu uzyskania stopnia doktora nauk chemicznych w zakresie technologii chemicznej, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, kopie publikacji stanowiących osiągnięcia naukowe, oświadczenia współautorów tych publikacji oraz dokumenty potwierdzające dodatkowe aktywności.

Informacje o kandydatce do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne

Dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska jest absolwentką Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, gdzie w 2007 r. uzyskała tytuł magistra inżyniera w zakresie technologii chemicznej. Na tej samej uczelni Habilitantka podjęła się realizacji projektu doktorskiego pod opieką promotora pracy prof. dr hab. inż. Teofila Jesionowskiego. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka odbyła sześciotygodniowy staż w Luvena SA., Dział Badań i Rozwoju, Luboń (2009 r.). Obrona pracy doktorskiej pt. „Aktywowany tlenek cynku- otrzymywanie, charakterystyka i zastosowanie” odbyła się w 2011 r. Habilitantka od

2011 do 2020 była zatrudniona jako asystent w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Od 2020 roku zatrudniona jest na stanowisku adiunkta w tym samym Instytucie.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe zostało zaprezentowane pod wspólnym tytułem „Nieorganiczne matryce i ich modyfikowane formy jako komponenty układów biokatalitycznych zawierających enzymy”, na które składa się cykl powiązanych tematycznie, oryginalnych jedenastu prac badawczych opublikowanych w latach 2017-2023 oraz jednej pracy przeglądowej (H9):

H1 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Zdarta J., Jesionowski T., Physicochemical and catalytic properties of Acylase I from *Aspergillus melleus* immobilized on amino- and carbonyl-grafted Stöber silica. *Biotechnology Progress* 34 (2018) 767–777

H2 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Ciesielczyk F., Jesionowski T., A novel biocatalytic system obtained *via* immobilization of aminoacylase onto sol-gel derived $ZrO_2 \cdot SiO_2$ binary oxide material: physicochemical characteristic and catalytic activity study. *Adsorption* 25 (2019) 855–864

H3 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Jesionowski T., Characterization of amino-, epoxy- and carbonyl-functionalized halloysite and its application in the immobilization of aminoacylase from *Aspergillus melleus*. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* 55 (2019) 128–139

H4 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Functionalized Stöber silica as a support in immobilization process of lipase from *Candida rugosa*. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* 53 (2017) 878–892

H5 Kołodziejczak-Radzimska A., Zdarta J., Ciesielczyk F., Jesionowski T., An organofunctionalized $MgO \cdot SiO_2$ hybrid support and its performance in the immobilization of lipase from *Candida rugosa*. *Korean Journal of Chemical Engineering* 35 (2018) 2220–2231

H6 Dopierała K.*, **Kołodziejczak-Radzimska A.***, Prochaska K., Jesionowski T., Immobilization of lipase in Langmuir-Blodgett film of cubic silsesquioxane on the surface of zirconium dioxide. *Applied Surface Science* 573 (2022) 151184–151197

H7 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Bielejewski M., Białasz A., Jesionowski T., Evaluation of $MxOy$ /fucoidan hybrid system and their application in lipase immobilization process, *Scientific Reports* 12 (2022) 7218–7231

H8 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Budna A., Ciesielczyk F., Moszyński D., Jesionowski T., Laccase from *Trametes versicolor* supported onto mesoporous Al_2O_3 : stability tests and evaluations of catalytic activity. *Process Biochemistry* 95 (2020) 71–80

H9 Kołodziejczak-Radzimska A., Nghiem L.D., Jesionowski T., Functionalized materials as a versatile platform for enzyme immobilization in wastewater treatment. *Current Pollution Reports* 7 (2021) 263–276

H10 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Jesionowski T., A novel cysteine-functionalized MxOy material as support for laccase immobilization and a potential application in decolorization of Alizarin Red S. *Processes* 8 (2020) 885–902

H11 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Zembrzuska J., Siwińska-Ciesielczyk K., Jesionowski T., Catalytic and physicochemical evaluation of a TiO₂/ZnO/laccase biocatalytic system: application in decolorization of azo and anthraquinone dyes. *Materials* 14 (2021) 6030–6047

H12 Kołodziejczak-Radzimska A.*, Bielejewski M., Zembrzuska J., Ciesielczyk F., Jesionowski T., Nghiem L.D., Exploring the functionality of an active ZrF-laccase biocatalyst towards tartrazine decolorization, *Environmental Technology & Innovation* 31 (2023) 103201–103213

Cztery prace (H6, H7, H9 i H12) zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopismach o wysokim współczynniku wpływu: H6 - IF: 7,392, H7 - IF: 4,997, H9 - IF: 8,097 oraz H12 - IF: 7,758. Łączna wartość współczynnika oddziaływania prac wchodzących w skład rozprawy wynosi 47,883, a łączna wartość punktów MEiN to 1050. Udział Habilitantki w tych publikacjach jest wiodący, co zostało potwierdzone stosownymi oświadczeniami współautorów publikacji. W jedenastu pracach Habilitantka jest pierwszym autorem, a w jednej pracy (H6) drugim równorzędnym autorem, którego wkład polegał na syntezie i modyfikacji matrycy zbudowanej z tlenku cyrkonu, badaniach aktywności immobilizowanego enzymu oraz analizie spektroskopowej uzyskanej porowatej struktury, jak również Habilitantka brała udział w przygotowaniu manuskryptu oraz jego końcowej rewizji.

Pod względem merytorycznym prace stanowią jednolity, monotematyczny cykl publikacji i w sposób logiczny wiążą całość przedstawionej problematyki związanej z projektowaniem, wytwarzaniem, charakterystyką oraz zastosowaniem nowych układów biokatalitycznych opartych na enzymach o dużym znaczeniu biotechnologicznym, takich jak lipazy, acylazy oraz lakazy, immobilizowanych na matrycach nieorganicznych modyfikowanych, jak i niemodyfikowanych.

Praca badawcza Habilitantki była oparta o wyznaczone cele:

1. Projektowanie, syntetyzowanie i charakterystyka matryc do immobilizacji wybranych enzymów
2. Zaproponowanie mechanizmów unieruchamiania enzymów w projektowanych materiałach
3. Określenie aktywności i stabilności uzyskanych materiałów biokatalitycznych



4. Usuwanie zanieczyszczeń organicznych z układów wodnych z zastosowaniem immobilizowanej lakazy z uwzględnieniem mechanizmów biotransformacji

Powyższe cele zostały zrealizowane, a ich wynikiem jest cykl publikacji.

Aspekt merytoryczny osiągnięcia naukowego:

Praca H9 jest jedyną pracą przeglądowną w omawianym cyklu. Przegląd dotyczył funkcjonalizowanych materiałów stosowanych w projektowaniu układów biokatalitycznych wykorzystywanych w bioremediacji wód. W przeglądzie Habilitantka zebrała i usystematyzowała dostępne informacje na temat różnych systemów biokatalitycznych opartych na materiałach funkcjonalizowanych służących do immobilizacji enzymów i możliwości ich stosowania w układach biokatalitycznych do usuwania ze ścieków zanieczyszczeń chemicznych, takich jak barwniki organiczne, farmaceutyki, związki fenolowe i policykliczne węglowodory aromatyczne. Unieruchomione enzymy, na omawianych w przeglądzie nośnikach, wykazywały wysoką wydajność w degradacji substancji zanieczyszczających. W większości przypadków unieruchomionymi enzymami były oksydoreduktazy, takie jak lakaza i peroksydaza. W publikacji wykazano, że unieruchomione enzymy skutecznie przyczyniają się do usuwania zanieczyszczeń z roztworów wodnych (głównie organiczne barwniki, farmaceutyki i związki fenolowe).

Praca opatrzona została w autorski schemat dotyczący zastosowania poszczególnych systemów biokatalitycznych w degradacji różnego typu zanieczyszczeń. W publikacji zamieszczono również niezwykle cenną, bogatą w informacje, tabelę podsumowującą wykorzystanie materiałów funkcjonalizowanych w immobilizacji enzymów i ich zastosowanie w usuwaniu zanieczyszczeń.

Przedstawione informacje stanowią nie tylko usystematyzowanie wiedzy dotyczącej omawianego problemu, ale również są przydatnym materiałem dla szerszego grona odbiorców zajmujących się projektowaniem nowoczesnych matryc do immobilizacji enzymów. Dla Habilitantki praca ta była punktem wyjścia do podjęcia prac nad konstrukcją układów katalitycznych opartych na immobilizowanej lakazie w celu ich stosowania w procesach degradacji trudno degradowalnych zanieczyszczeń.

W pracach doświadczalnych Habilitantka nie tylko dokonała trafnego wyboru matryc, ale także enzymów o dużym potencjale aplikacyjnym. Natomiast w badaniach degradacyjnych zajęła się rozkładem najbardziej uporeczywych organicznych zanieczyszczeń, co świadczy o dobrze przemyślanym przez Habilitantkę problemie badawczym, jak również o znajomości głównych problemów środowiskowych i obecnych trendów światowych związanych z bioremediacyjnym zastosowaniem immobilizowanych układów katalitycznych.

W pracach H1-H3 zaprezentowano wyniki badań nad immobilizacją acylazy z *Aspergillus melleus* na modyfikowanych krzemionką, hydrofilowych materiałach



nieorganicznych charakteryzujących się dużą stabilnością chemiczną, mikrobiologiczną i mechaniczną.

W pracy H1 zastosowano do modyfikacji krzemionkę otrzymaną zmodyfikowaną metodą Stöbera, którą poddano funkcjonalizacji za pomocą aminopropylotrietoksyilanu oraz aldehydu glutarowego, w celu ustalenia wpływu dodatkowych grup funkcyjnych na powierzchni krzemionki na proces unieruchomienia acylazy. Skuteczność immobilizacji potwierdzono z zastosowaniem spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera oraz spektroskopii węglowej magnetycznego rezonansu jądrowego. Na podstawie analiz zaproponowano, że acylaza została unieruchomiona głównie przy udziale słabych wiązań wodorowych. Obecność takich interakcji potwierdzono również testami aktywności katalitycznej, która jednak uległa znacznemu obniżeniu po pięciu cyklach reakcyjnych w wyniku częściowej desorpcji enzymu. Deacetylacja N-acetylo-L-metioniny z zastosowanymi biokatalizatorami wskazała, że immobilizacja acylazy na krzemionce modyfikowanej APTES zakończyła się sukcesem, gdyż immobilizowany enzym cechował się dużą sprawnością katalityczną, jak również był stabilny w zmiennych warunkach środowiska. Wartościowym elementem pracy jest autorski schemat ilustrujący oddziaływania pomiędzy immobilizowanym enzymem a grupami funkcyjnymi krzemionki modyfikowanej APTES lub aldehydem glutarowym.

Kolejne prace są produktem konsekwentnie realizowanego celu pracy. W pracy H2 wykorzystano układ hybrydowy $ZrO_2 \cdot SiO_2$ modyfikowany aldehydem glutarowym oraz niemodyfikowany, który łączy właściwości krzemionki i tlenku cyrkonu(IV) dzięki czemu uzyskuje się stabilność termiczną, mechaniczną oraz chemiczną. Natomiast w publikacji H3 jako nośnik zastosowano należący do krzemianów haloizyt, który dodatkowo modyfikowano grupami aminowymi, epoksydowymi i karbonyłowymi. W obu pracach Habilitantka wykorzystwała bogaty warsztat badawczy, dzięki czemu możliwe było zidentyfikowanie interakcji pomiędzy nośnikiem i enzymem co zostało również zilustrowane odpowiednimi schematami. Proces immobilizacji enzymów zakończył się sukcesem, co umożliwia zastosowanie tak zaprojektowanych układów katalitycznych w procesach biotechnologicznych. Immobilizacja acylazy nie tylko umożliwiła wykorzystanie zaproponowanych układów w syntezie np. aminokwasów, ale również przejście na układ heterogeniczny umożliwiającą wydzielenie katalizatora z roztworu, a także jego wykorzystanie w kilku cyklach reakcyjnych. W każdej z omawianych prac znajdujemy bogaty materiał wynikowy zobrazowany wykresami oraz zamieszczony w tabelach, co pozwala na jego wykorzystanie i analizę szerszemu gronu odbiorców.

W kolejnych publikacjach (H4-H7) Habilitantka, jako enzym do immobilizacji, wybrała lipazę. Wybór obiektu badawczego przez Habilitantkę wskazuje, że znane są jej obecne trendy w przemyśle biotechnologicznym, w którym lipazy są jednymi z najczęściej wykorzystywanych enzymów, ze względu na zmianę ich aktywności w środowisku

niepolarnym z aktywności hydrolitycznej na estryfikacyjną, transestryfikacyjną lub interestryfikacyjną. Ta różnorodność zachowania katalitycznego umożliwia szerokie wykorzystanie lipaz w różnych procesach przemysłowych, zwłaszcza w syntezie aktywnych składników farmaceutycznych, przemyśle rolniczym, produkcji środków ochrony zdrowia i przetwórstwie żywności.

W publikacjach H4 oraz H5 jako matrycę dla lipazy z *Candida rugosa* zastosowano odpowiednio krzemionkę Stöbera modyfikowaną silanem z grupami epoksydowymi oraz usieciowaną aldehydem glutarowym lub układ tlenkowy $MgO \cdot SiO_2$ poddany modyfikacji szeroką gamą związków zawierających różne ugrupowania. Analiza spektroskopowa potwierdziła skuteczność procesu immobilizacji oraz pozwoliła na identyfikację oddziaływań pomiędzy nośnikiem a enzymem. W analizie termogravimetrycznej wykonanej w publikacji H4 wskazano na wyższą stabilność termiczną biokatalizatora immobilizowanego w porównaniu z natywnym enzymem.

W publikacji H5 przedyskutowano determinujący wpływ rodzaju i liczby grup na powierzchni modyfikowanego materiału na efektywność immobilizacji. Na podstawie reakcji modelowej hydrolizy palmitynianu *p*-nitrofenylu do *p*-nitrofenolu określono aktywność katalityczną zaproponowanych układów biokatalitycznych i wykazano, że grupy aminowe oraz karbonylowe wykazują najwyższe powinowactwo do enzymów, co przekłada się na najwyższą aktywność układów katalitycznych modyfikowanych tymi grupami. Na podstawie wyników analizy FTIR oraz NMR zaproponowano również mechanizm immobilizacji, który opiera się głównie na oddziaływaniach elektrostatycznych pomiędzy grupami amonowymi enzymu a grupami COO^- i O^- nośnika. Ponadto zaobserwowano, że duże znaczenie mają również wiązania kowalencyjne powstające pomiędzy enzymem a grupami funkcyjnymi matrycy. Publikacja została wzbogacona szczegółowym schematem prezentującym oddziaływanie poszczególnych ugrupowań nośnika z enzymem. Uzyskane wyniki wskazują, że lipaza immobilizowana na modyfikowanym $MgO \cdot SiO_2$ może być z powodzeniem stosowana jako biokatalizator w reakcjach katalitycznych, w zmiennych warunkach środowiska zachowując swoją aktywność w co najmniej kilku cyklach technologicznych. Oprócz aplikacyjnego znaczenia tej pracy, dużą jej wartością jest również bardzo dobrze opisana metodyka badań wzbogacona schematami procedury stosowanej podczas syntezy i modyfikacji nośnika oraz immobilizacji enzymu.

Zdecydowanie rozwijając przyjęty, we wcześniejszych pracach, schemat badań Habilitantka w pracy H6 zaprezentowała, opierające się na metodzie Langmura-Blodgetta (LB), badania dotyczące immobilizacji lipazy z *Rhizopus oryzae* w warstwie międzyfazowej osadzonej na tlenku cyrkonu. Praca ta została opublikowana w prestiżowym czasopiśmie *Applied Surface Science* i doczekała się już pierwszych cytowań. W publikacji Habilitantka w miejsce powszechnie stosowanego lipidu zaproponowała wykorzystanie wielościennego oligomerycznego silseskwioksanu (TCyPOSS – trisilanocykloheksylo-POSS) jako amfifilowej

matrycy dla lipazy i osadzenie filmu LB zbudowanego z POSS i lipazy na powierzchni ZrO_2 . Wykorzystując zaawansowane metody badawcze Habilitantka scharakteryzowała powstałe filmy z lipazą oraz monowarstwy osadzone na tlenku cyrkonu. Wykazała, że stężenie lipazy jest kluczowym czynnikiem w tworzeniu filmu międzyfazowego i penetracji monowarstwy. Dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska wykazała, że lipaza oddziałuje na monowarstwę adsorbując się na granicy faz i oddziałując z polarnymi grupami głównymi lub penetrując monowarstwę i rozprzewadając się w hydrofobowych obszarach monowarstwy jako struktury wyspowe. Jest to kolejna w cyklu praca bardzo dobrze udokumentowana, w której Habilitantka wykazała się znajomością nowoczesnych metod i technik badawczych, takich jak FTIR, XPS, czy AFM oraz wnikliwością podczas analizy uzyskanych rezultatów. W pracy tej nie tylko zaprezentowano interakcje zachodzące w obrębie filmu z lipazą oraz monowarstwą, ale również zamieszczono i zanalizowano obrazy otrzymanego układu katalitycznego, wykonane z wykorzystaniem mikroskopii sił atomowych.

W kolejnej pracy (H7) Habilitantka zaprojektowała nośnik hybrydowy: biopolimer (fukoidyna)- tlenek nieorganiczny (ZrO_2 lub MgO). Wykorzystując bogaty warsztat badawczy dr inż. A. Kołodziejczak-Radzimska potwierdziła funkcjonalizację materiałów tlenkowych cząsteczkami fukoidyny. Analiza wyników uzyskanych z widma ^{13}C NMR dowiodła, że fukoidyna przyłącza się bezpośrednio do powierzchni MgO tworząc wiązania wodorowe, podczas gdy wiązania wodorowe między fukoidyną a ZrO_2 są generowane przez cząsteczki wody. Przygotowaną matrycę wykorzystano do immobilizacji lipazy i potwierdzono, że taki układ katalityczny cechuje się wysoką aktywnością i stabilnością enzymatyczną. Zaproponowany mechanizm interakcji pomiędzy komponentami nośnika i lipazą został przedstawiony na szczegółowym schemacie. Na uwagę zasługuje, że wyniki badań zamieszczone w pracy Habilitantka uzyskała w ramach kierowanego przez siebie projektu Miniatura finansowanego przez NCN.

Publikacja H8 dotyczy immobilizacji lakazy na matrycy zbudowanej z tlenku glinu syntetyzowanego metodą miękkiego odwzorowania, dzięki czemu uzyskano materiał o silnie rozwiniętej porowatej strukturze i odznaczający się stabilnością termiczną. W wyniku szeroko zakrojonych analiz wykazano, że lakaza immobilizowana na Al_2O_3 była mniej wrażliwa na zmiany temperatury i pH niż wolny enzym i zachowała ok. 60% swojej początkowej aktywności po dziesięciu cyklach utleniania i 30 dniach przechowywania.

Obiecujące wyniki związane z poprawą stabilności i właściwości katalitycznych lakazy immobilizowanej na zaprojektowanych przez Habilitantkę matrycach dały podwaliny do testowania immobilizowanych układów w dekoloryzacji barwników (publikacje H10-12), takich jak Alizaryna Red (H10), Reactive Black 5 i Acid Green 25 (H11) oraz Tartrazyna (H12), wykorzystując jako matryce do immobilizacji lakazy odpowiednio: SiO_2 i ZrO_2 modyfikowane cysteiną oraz aldehydem glutarowym (H10), ZnO/TiO_2 (H11) lub ZrO_2 funkcjonalizowany

fukoidyną (H12). Uzyskane układy katalityczne scharakteryzowano z wykorzystaniem bogatego warsztatu badawczego.

W pracy H10 Habilitantka wykazała, iż nośnik stabilizował i usztywniał strukturę enzymu, co w konsekwencji chroniło enzym przed denaturacją w ekstremalnych warunkach pH i temperatury. Immobilizacja umożliwiła wykorzystywanie lakazy w wielu cyklach reakcyjnych. Wykazano również poprawę właściwości katalitycznych enzymu poprzez odsłonięcie miejsca aktywnego katalizatora i w konsekwencji większej dostępności substratu dla katalizowanego enzymu oraz zmniejszenie oporu dyfuzyjnego substratów i produktów (matryca z tlenku cyrkonu modyfikowanego cysteiną). Jest to warte podkreślenia osiągnięcie, gdyż bardzo często w wyniku immobilizacji enzymu obserwuje się efekty odwrotne-zmniejszenia dostępności centr aktywnych i zmniejszania się powinowactwa enzymu do substratu.

W pracach H11-H12 oprócz wnikliwej analizy wydajności i mechanizmów immobilizacji oraz aktywności immobilizowanej lakazy w procesach dekoloryzacji azowych barwników, Habilitantka podjęła się próby analizy produktów degradacji badanych związków oraz zaproponowała mechanizm transformacji i częściowej degradacji barwników Reactive Black 5 (H11) oraz tartrazyny (H12).

Po analizie 12 prac cyklu mogę z pełną stanowczością stwierdzić, że powstały one z przemyślanego planu badawczego, Habilitantka w swoich pracach wykorzystwała bogaty warsztat badawczy stosując najnowocześniejsze metody badawcze w celu analizy zaprojektowanych i zsyntetyzowanych przez siebie nośników nieorganicznych oraz identyfikacji mechanizmów immobilizacji wybranych enzymów w wyniku czego uzyskała bogaty materiał wynikowy, dobrze zinterpretowany i przedyskutowany. Uzyskane przez Habilitantkę materiały matrycowe pozwoliły na skuteczną immobilizację enzymów, co pozwala na ich aplikacyjne stosowanie. Badania kinetyczne wskazały nierzadko na poprawę stabilności enzymatycznej oraz w wyniku zmian powinowactwa enzymu do substratu w wyniku naprężeń centrum aktywnego enzymów związanych z projektowanymi matrycami uzyskano również poprawę właściwości katalitycznych enzymów. Zrealizowane badania stanowią znaczące uzupełnienie istniejącego stanu wiedzy w zakresie projektowania nowatorskich układów biokatalitycznych o zdefiniowanych właściwościach i aktywności, przeznaczonych do zastosowania w szerokiej gamie procesów katalitycznych.

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe Habilitantki w zakresie realizowanego kierunku badań uznaję następujące dokonania:

- zaprojektowanie materiałów nieorganicznych modyfikowanych różnymi grupami funkcyjnymi, zwiększającymi ich powinowactwo do enzymów, co skutecznie poprawiało stabilności biokatalizatorów, umożliwiając ich wielokrotne wykorzystanie

- charakterystykę oddziaływań enzym–nośnik oraz określenie wpływu tych oddziaływań na właściwości katalityczne immobilizowanych enzymów
- wykorzystanie techniki Langmuira-Blodgetta jako metody immobilizacji lipazy na nośniku ZrO₂
- zastosowanie fukoidyny w celu funkcjonalizacji materiałów tlenkowych
- skuteczne zastosowanie uzyskanych układów katalitycznych w procesach dekoloryzacji barwników
- identyfikację produktów transformacji wybranych barwników azowych w układach z zastosowaniem immobilizowanej lakazy.

Podsumowując, na podstawie przedstawionego przez dr inż. Agnieszkę Kołodziejczak-Radzimską osiągnięcia naukowego stwierdzam, że stanowi ono znaczny wkład w rozwój dyscypliny Nauki Chemiczne i spełnia ono wymagania określone w Art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.).

Ocena pozostałego opublikowanego dorobku naukowego, aktywności badawczej i innych aktywności zawodowych

Dorobek naukowy bez wymienionego w osiągnięciu naukowym

Przed uzyskaniem stopnia doktora dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska była współautorką pięciu publikacji naukowych. Prace te zamieszczono w czasopismach o niskim lub średnim współczynniku wpływu, ale mają one obecnie od kilku do kilkunastu cytowań. Ponadto w tym okresie Habilitantka była współautorką czterech publikacji w materiałach konferencyjnych, w tym dwóch konferencji międzynarodowych, siedmiu prezentacji konferencyjnych oraz siedmiu posterów.

Po uzyskaniu stopnia doktora dorobek naukowy dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej znacząco wzrósł w porównaniu z dorobkiem naukowym przed uzyskaniem stopnia doktora. Nie tylko znacząco wzrosła liczba publikacji, ale również były one publikowane w czasopismach o wyższym współczynniku wpływu, co niewątpliwie świadczy o rozwoju naukowym Habilitantki. Habilitantka była współautorem 3 rozdziałów w monografiach naukowych w tym dwóch anglojęzycznych oraz 17 publikacji naukowych o łącznym IF 45,783 (IF₅ 60,647) i punktacji MEiN 1550. W pięciu z tych prac dr inż. A. Kołodziejczak Radzimska była pierwszym autorem. Prace tematycznie wiążą się z głównym nurtem badań Habilitantki tj. syntezą matryc nieorganicznych i hybrydowych o aplikacyjnym znaczeniu oraz immobilizacją enzymów. Publikacje były opublikowane m.in. w *Dyes and Pigments*, *Materials*, *Marine Drugs*, *International Journal of Molecular Sciences*, *Catalysts*, *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Na uwagę zasługuje zwłaszcza

ostatnia praca z 2023 roku opublikowana w *Advances in Colloid and Interface Science* o współczynniku wpływu 15,190.

Aplikacyjność badań Habilitantki znalazła odbicie we współautorstwie patentu krajowego. Ponadto Habilitantka była również współautorem jednej ekspertyzy.

Dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska wygłosiła 16 referatów na konferencjach krajowych oraz międzynarodowych. Była również współautorką 22 prezentacji posterowych. Na wyszczególnienie zasługuje referat wygłoszony na zaproszenie organizatorów Konferencji Technologii Chemicznej i Biotechnologii KonTech (Wrocław, Polska, 2018 r.).

Za swoją pracę naukową Habilitantka została trzykrotnie uhonorowana nagrodami zespołowymi JM Rektora Politechniki Poznańskiej w latach 2013, 2018 i 2019. W 2010 roku otrzymała Stypendium w ramach projektu: „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia Wielkopolski”. W roku 2022 znalazła się na liście najbardziej wpływowych naukowców świata, w zestawieniu za rok 2021, przygotowanym przez Uniwersytet Stanforda we współpracy z wydawnictwem Elsevier i firmą SciTech Strategies.

Reasumując stwierdzam, że dorobek naukowy Pani dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej jest spójny i realizowany konsekwentnie od początku kariery zawodowej. Stanowią go prace, które w większości ukazały się po uzyskaniu przez Kandydatkę stopnia doktora i wnoszą one istotny wkład do badań z zakresu syntezy i charakterystyki matryc o aplikacyjnym znaczeniu.

Na całość dorobku po uzyskaniu stopnia doktora składa się 29 prac, opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach anglojęzycznych o zasięgu międzynarodowym posiadających IF, cieszących się zainteresowaniem naukowców. Potwierdzeniem tego jest dotychczasowa liczba cytowań tych prac wynosząca wg bazy Web of Science (z dnia 02.06.2023 r.) 1875 (bez autocytowań: 1861) oraz indeks Hirscha wynoszący 11. Sumaryczny IF prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 93,666 (IF₅ 112,693), co przekłada się na sumaryczną liczbę punktów MEiN (MNiSW) 2600. Ponadto Habilitantka jest współautorem dwóch rozdziałów w monografiach.

Oceniając pod względem jakościowym dorobek naukowy niewchodzący w skład osiągnięcia naukowego stwierdzam, że spełnia on kryteria stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk chemicznych.

Aktywność badawcza

Udział w projektach badawczych

Doświadczenie w zdobywaniu finansowania ze źródeł zewnętrznych na badania jest niewątpliwie słabszym elementem dorobku Habilitantki. Przed uzyskaniem tytułu doktora pełniła Ona rolę wykonawcy w Projekcie „Envirotext” POIG.01.03.01-00-006/08, finansowanego w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka.

Po uzyskaniu tytułu doktora dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska tylko raz pozyskała samodzielnie fundusze na badania w ramach projektu Miniatura finansowanego ze środków NCN pt. „Układy hybrydowe typu MxOy/fukoidyna jako aktywne nośniki enzymów: projektowanie, właściwości fizykochemiczne oraz testy katalityczne”, którego efektem są 3 publikacje (H7, H9 i H12). Należy jednak podkreślić, że była wykonawcą w 2 projektach finansowanych ze środków NCN oraz w jednym projekcie MEiN, oraz w 1 projekcie europejskim finansowanym z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego pt. „Sileskwioksany jako nanonapełniacze i modyfikatory w kompozytach polimerowych”. Habilitantka realizuje również jako kierownik lub wykonawca projekty finansowane ze źródeł wewnętrznych. Obecnie jest członkiem międzywydziałowego zespołu realizującego grant rektorski Politechniki Poznańskiej pt. „Nowa generacja materiałów spiekanych o osnowie metalicznej z udziałem wybranych fluorków, tlenków metali i nanorurek węglowych – właściwości, analiza mechanizmów oddziaływania synergicznego”. Ponadto pełniła funkcję kierownika w projekcie wewnętrznym Politechniki Poznańskiej dla młodej kadry naukowej finansowanego ze środków statutowych.

Powyższe informacje wskazują na wysoką aktywność naukową oraz na doświadczenie w realizacji projektów co dobrze prognozuje na przyszłość.

Istotna aktywność naukowa albo artystyczną realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Współpracę naukową dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej z innymi ośrodkami naukowymi w kraju i zagranicą, potwierdzają odbyte podczas kariery naukowej dwa długoterminowe staże naukowe oraz współautorskie publikacje naukowe. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka odbyła miesięczny staż naukowy w ramach projektu „Nauka dla przemysłu- przemysł z nauką”. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka odbyła trzymiesięczny staż naukowy w instytucji badawczym Applied Process Chemistry (APC Ltd.) w Dublinie w ramach projektu ORBIS (Open Research Biopharmaceutical Internships Support – Wsparcie staży biofarmaceutycznych w ramach otwartych badań naukowych) finansowanego ze środków Unii Europejskiej (Maria Skłodowska-Curie Actions of Horizon 2020 Framework

Programme, H2020-MSCA-RISE-2017), podczas którego Habilitantka, obywając szereg szkoleń, aktywnie poszerzała swoje kompetencje z zakresu nowych technologii pozwalających analizować i sterować procesem produkcyjnym. Wyjazd ten stanowił istotny element kariery naukowej i umożliwił Habilitantce zaplanowanie dalszych eksperymentów oraz znacząco wpłynął na jakość uzyskanych wyników, zwiększając tym jakość publikacji, w tym prac wchodzących w skład osiągnięcia. Ponadto miał wpływ na rozwój dydaktyczny, gdyż zdobytą wiedzę praktyczną Habilitantka wykorzystwała w ramach prowadzonych przez siebie przedmiotów.

Habilitantka posiada również udokumentowaną publikacjami współpracę z takimi krajowymi ośrodkami naukowymi, jak Instytut Technologii Polimerów i Barwników Politechniki Łódzkiej, Łódzki Instytut Technologiczny, Instytut Fizyki Molekularnej PAN oraz z jednym ośrodkiem zagranicznym z Australii - Environmental & Water Engineering, School of Civil and Environmental Engineering, University of Technology Sydney. Efekty tej ostatniej współpracy widoczne są przede wszystkim w ostatniej pracy cyklu stanowiącego osiągnięcie.

Aktywność naukowa dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej jest dostrzegana na świecie o czym świadczą liczne zaproszenia jej w grono recenzentów uznanych czasopism naukowych, takich jak *Chemical Reviews*, *ACS Sustainable Chemistry Engineering*, *Journal of Materials Science & Technology*, *Nanotechnology Reviews*, *Sustainable Environment Research*

Podsumowując, uważam, że Habilitantka wykazała się wysoką aktywnością w nawiązywaniu współpracy międzynarodowej, posiada doświadczenie w realizacji projektów naukowych, pozyskując również finansowanie na swoje badania.

W podsumowaniu oceny aktywności badawczej i pozostałego opublikowanego dorobku naukowego dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej stwierdzam, że w związku z wykazaniem istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej spełniają one wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85, 374, 695, 875, 1086, z 2021 r. poz. 159) - p.s.w.n.

Pozostała aktywność zawodowa

Dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska jest nauczycielem akademickim i prowadzi, w ramach działalności dydaktycznej, zajęcia na różnych kierunkach studiów w ramach I i II stopnia kształcenia. Brała udział w przygotowaniu zajęć dydaktycznych z przedmiotu Technologia Chemiczna dla anglojęzycznego kierunku studiów Chemical Technology, realizowanego na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, w ramach programu POWER. Prowadzi również zajęcia laboratoryjne dla uczniów szkół technicznych ponadpodstawowych, w ramach projektu „Czas zawodowców BIS-zawodowa Wielkopolska”. Jako promotor opiekowała się 38 dyplomantami (prace magisterskie (11) i

inżynierskie (27)) oraz wielokrotnie była recenzentem prac dyplomowych. Była również promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim i opiekunką wolontariuszki - absolwentki szkoły średniej, kandydatki na studia wyższe.

Habilitantka brała również udział w organizowaniu lub uczestniczyła w kilku imprezach o charakterze popularyzatorskim, w tym, w Nocy Naukowców, w promocji badań podczas Targów Edukacyjnych, czy warsztatach dla młodzieży szkolnej.

Podsumowując stwierdzam, że aktywność organizacyjna Habilitantki zasługuje na uznanie i spełnia formalne, jak i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatowi ubiegającemu się o stopień doktora habilitowanego.

Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu należy podkreślić, że przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna w postaci obszernego cyklu publikacji stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemicznej i w pełni spełnia wymagania określone w Art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.), a aktywność naukowa dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej, jak i cały dorobek naukowy są wartościowe i znaczące. Analiza otrzymanych dokumentów wskazuje, że Pani dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska jest doświadczonym pracownikiem naukowym, dobrze przygotowanym do samodzielnej pracy badawczej, a po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego będzie wartościowym członkiem zespołu, który od wielu lat prowadzi interesujące badania z zakresu układów biokatalitycznych opartych o immobilizowane na nieorganicznych matrycach enzymy różnych klas.

Dorobek naukowy w postaci artykułów oryginalnych i przeglądowych opublikowanych w dobrych i bardzo dobrych, recenzowanych czasopismach został uzyskany w zdecydowanej większości po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitantka współpracuje z naukowcami z ośrodków krajowych i zagranicznych. Promuje naukę, a wiedzę przekazuje studentom studiów różnego stopnia. Ma doświadczenie w pracy z doktorantami jako promotor pomocniczy, co dodatkowo potwierdza jej samodzielność naukową.

Na tej podstawie stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Agnieszki Kołodziejczak-Radzimskiej odpowiadają wymaganiom określonym w Art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

.....
dr hab. Danuta Wojcieszńska, prof. UŚ