



Politechnika
Wroclawska

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Chojnacka

Katedra Zaawansowanych Technologii Materiałowych

Wydział Chemiczny, Politechnika Wroclawska

ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław

tel. +4871-3204325, fax. +4871-3203469; e-mail: katarzyna.chojnacka@pwr.edu.pl

Wrocław, 3.08.2021

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Jankowskiej pt. „Immobilized oxidoreductases as tools for decolorization of dyes from aqueous solutions”

Podstawa opracowania recenzji:

Pismo prof. Ewy Kaczorek - Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej

Politechniki Poznańskiej

z dn. 12.07.2021 w sprawie wykonania oceny rozprawy doktorskiej

1. Ogólna charakterystyka pracy

Pani mgr inż. Katarzyna Jankowska wykonała pracę doktorską pod opieką prof. dr hab. inż. Teofila Jesionowskiego, na Wydziale Technologii Chemicznej PP. Promotorem pomocniczym był dr hab. inż. Jakub Zdarta.

Obecność mikrozanieczyszczeń, takich jak barwniki w wodach i ściekach stanowi aktualny problem środowiskowy. Szacuje się, że prawie połowa barwników stosowanych w różnych gałęziach przemysłu trafia do ścieków, gdzie tylko w pewnym stopniu podlega degradacji. Obecność barwników w wodach powierzchniowych ma dramatyczne skutki dla transmisji światła słonecznego niezbędnego do procesu fotosyntezy. W rezultacie dochodzi do zahamowania wzrostu makrofitów – roślin bytujących w głębszych warstwach wód i produkujących tlen dla organizmów zwierzęcych, w tym ichtiofauny. Obecność barwników w wodach powierzchniowych wywołuje presję nie tylko poprzez samo działanie toksyczne na organizmy bytujące w środowiskach wodnych, ale również przyczynia się do wywołania deficytu tlenu. W połączeniu z powszechnie występującym w Polsce procesem eutrofizacji, obecność barwników pogarsza problem zaciemniania i w rezultacie istotnie przyczynia się do deficytu tlenu w wodach powierzchniowych.

2. Ocena formalna i merytoryczna pracy

Doktorantka przygotowała rozprawę doktorską w języku angielskim, jako zbiór powiązanych tematycznie publikacji. Na podstawie Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595), rozprawa doktorska może mieć formę spójnego tematycznie artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopismach naukowych, określonych przez ministra właściwego do spraw nauki. Rozprawę doktorską może zatem stanowić zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych.

Do pracy doktorskiej włączono 6 publikacji o IF 3,6-6,5, wszystkie z tzw. 'Listy Ministerialnej' (70-100 punktów), opublikowane w czasopismach o zasięgu globalnym: *Catalysts, Materials, Environmental Technology & Innovation, Process Biochemistry, Environmental Research*. Sumaryczny IF publikacji ujętych w rozprawie: 29,6, liczba punktów ministerialnych 580. We wszystkich publikacjach, Kandydatka do stopnia naukowego doktora była pierwszym autorem. Zgodnie z deklaracją udziału w publikacji, Doktorantka zaplanowała eksperymenty, opracowała wyniki analiz, napisała manuskrypty i przygotowała odpowiedzi dla recenzentów. Przedłożone publikacje są powiązane tematycznie i dotyczą zastosowania oksydoreduktaz immobilizowanych na różnych nośnikach, różnymi metodami, jako nowych biosystemów do usuwania barwników ze środowisk wodnych.

3. Uwagi ogólne i szczegółowe

W ramach rozprawy doktorskiej otrzymano nowe układy biokatalityczne składające się z immobilizowanych oksydoreduktaz, a celem jest usuwanie barwników (azowego C.I. Reactive Black 5, antrachinonowego C.I. Reactive Blue 4, C.I. Mordant Red) z roztworów wodnych, sprawdzając w ten sposób ich potencjał użytkowy. Wykorzystywana jest tu właściwość oksydoreduktaz do utleniania związków fenolowych. Nowość rozprawy polega na tym, że Autorka zaproponowała biosystemy składające się z oksydoreduktaz (lakazy, peroksydazy chrzanowej) immobilizowanych na materiałach tlenkowych ($\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$, $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$) lub włóknach elektroprzędzonych (z nylonu 6, poli(metakrylanu metylu), polianiliny, polistyrenu/poli(D,L-laktydu-*ko*-glikolidu)). Doktorantka wykazała się znajomością technik badawczych w obszarze procesów chemicznych katalizowanych enzymatycznie, w szczególności w zakresie wpływu immobilizacji enzymów na ich stabilność, aktywność i ilość na nośniku. Dokonała przy tym identyfikacji mechanizmu

immobilizacji (wiązanie kowalencyjne, adsorpcja). Badania przeprowadzono w różnych warunkach procesowych (metoda immobilizacji, stężenie biokatalizatora, czas, pH, temperatura), w roztworach modelowych (m.in. w wodzie morskiej). Celem aplikacyjnym było opracowanie skutecznej metody dekoloryzacji wód i ścieków. W charakterystyce immobilizowanych enzymów i procesów przez nie katalizowanych, posłużyła się szeregiem nowoczesnych technik instrumentalnych, w tym: SEM, TEM, CLSM, FTIR, XRD, EDS, ELS.

Przedstawiona do oceny rozprawa składa się łącznie z 117 stron, do których dołączono wydruki publikacji oraz oświadczenia współautorów. Pierwsze 27 stron to opis dorobku Kandydatki, spis publikacji w j. angielskim i j. polskim. Na stronach 28-117 zawarto obszerny opis wyników w j. angielskim, uzyskany w ramach poszczególnych publikacji. Tekst ten obejmuje wprowadzenie, informacje ogólne o oksydoreduktazach, ze wskazaniem na ich aplikację, aktualny stan wiedzy w obszarze immobilizacji enzymów, przedstawiający charakterystykę materiałów nośnikowych, metod immobilizacji, zastosowania oksydoreduktaz w procesie usuwania barwników. Kolejnym rozdziałem jest cel i zakres pracy oraz opis osiągnięć uzyskanych w poszczególnych publikacjach. Autorka zakwalifikowała publikacje do 2 grup: układy zawierające oksydoreduktazy immobilizowane na nośnikach tlenkowych oraz na włóknach elektroprzędzonych. Kolejne rozdziały to omówienie i dyskusja wyników oraz wnioski i wskazania na przyszłość.

Cel i zakres badań zostały jednoznacznie zdefiniowane, a tytuł pracy doktorskiej odpowiada zakresowi badań. Tym samym spełnione zostały warunki do pozytywnej oceny merytorycznej przedstawionej rozprawy doktorskiej. Całą rozprawę oceniam jako wartościową pod względem naukowym. Wskazuję również na potencjał technologiczny.

Kandydatka do stopnia naukowego doktora posiada bardzo bogaty dorobek naukowy. Jest współautorką aż 17 publikacji z listy JCR, 3 rozdziałów w książkach (w tym 1 o zasięgu międzynarodowym, wydawnictwa Springer). Wygłaszała 9 referatów, prezentowała 8 posterów. Uczestniczyła w 4 projektach badawczych. Odbyła 5 staży, w tym 2 w Danii (Technical University of Denmark): 1 rok, 6 miesięcy oraz 3 krótkoterminowe na Politechnice Warszawskiej. Otrzymała 3 stypendia: JM Rektora PP, Urzędu Miasta Poznania oraz grant na konferencję.

Poniżej przedstawiono uwagi szczegółowe i zapytania:

Uwagi edytorskie:

1. Brak; praca jest wyjątkowo starannie przygotowana.

Zagadnienia do dyskusji podczas obrony:

1. Str. 26 – badania przeprowadzono w modelowym roztworze wody morskiej – dlaczego? Czy taki jest potencjał aplikacyjny?
2. Czy były prowadzone badania na ściekach rzeczywistych?
3. Str. 27 – „... z możliwością zastosowania w różnych dziedzinach nauki i przemysłu.” – moje pytanie: w jakich konkretnie?
4. Str. 103 (Wnioski) – Doktorantka wspomina o niskiej wydajności i ograniczeniach w aplikacji – prosiłabym o rozwinięcie tego zagadnienia w kontekście perspektyw zastosowania w skali technicznej.
5. W jakiego typu reaktorach w oczyszczalniach ścieków możliwe byłoby zastosowanie?
6. Czy były szacowane wydajności i koszty tej metody? Czy realne byłoby zastosowanie w praktyce w oczyszczalni ścieków np. z przemysłu tekstylnego/komunalnej?
7. Czy rozwiązanie zostało zgłoszone do ochrony patentowej?

Przedstawione powyżej uwagi i zapytania mają charakter dyskusyjny i nie podważają ogólnej **bardzo pozytywnej** oceny pracy. Stanowią raczej zagadnienia *związane z dalszym kierunkiem prowadzenia badań*. Mgr inż. Katarzyna Jankowska podjęła w swej rozprawie ważne i złożone zagadnienia w zakresie immobilizowania oksydoreduktaz i ich zastosowania do odbarwiania roztworów wodnych. Przedstawione w pracy wyniki doświadczalne stanowią wartościowy materiał, który może zmierzać do zastosowań praktycznych. Niniejsza praca stanowi również modelowe i wzorcowe podejście do przygotowania rozprawy doktorskiej w formie jednotematycznego cyku publikacji. Tematyka dysertacji jest aktualna, gdyż mikrozanieczyszczenia w wodach i ściekach oraz opracowanie nowych metod ich degradacji stanowią aktualny temat dyskusji m.in. w Komisji Europejskiej oraz ważny element nowego Horizon Europe. mgr inż. Katarzyna Jankowska wykazała się wiedzą niezbędną do prowadzenia prac w zakresie nauk chemicznych oraz umiejętnością analizy i prezentacji wyników badań.

4. Wniosek końcowy

Rozprawę doktorską stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, w których Doktorantka pełniła wiodącą rolę. Biorąc pod uwagę zakres badań, przyjętą metodologię oraz sposób opracowania wyników mgr inż. Katarzyny Jankowskiej pt. „*Immobilized oxidoreductases as tools for decolorization of dyes from aqueous solutions*”, stwierdzam że Doktorantka wykazała się umiejętnościami samodzielnego planowania i wykonywania badań. Korzystała przy tym z nowoczesnych instrumentalnych technik badawczych. Badania te dały podstawę opracowania nowych biosystemów zawierających enzymy immobilizowane na różnych nośnikach do usuwania barwników ze środowisk wodnych.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Jankowskiej spełnia wymogi Ustawy z dnia 14.03.2003 „o stopniach i tytule naukowym” oraz odpowiada warunkom określonym w art. 14 tej Ustawy (Dz.U. 2003 nr 65, poz. 595 z późn. zm) i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Jankowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto, biorąc pod uwagę jakość merytoryczną oraz ponadprzeciętny dorobek naukowy Kandydatki, wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej o wyróżnienie rozprawy.



prof. dr hab. inż. Katarzyna Chojnacka
(1)