

Łódź, 08.01.2024

Prof. dr hab. Joanna Mankiewicz-Boczek
Katedra UNESCO Ekohydrologii i Ekologii Stosowanej
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki

R e c e n z j a

pracy doktorskiej mgr inż. Weroniki Augustyn
pt. Aktywność biobójcza ditlenku chloru w wieloskładnikowych preparatach
dezynfekcyjnych,

wykonanej w Katedrze Biotechnologii Środowiskowej, Wydz. Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Politechnika Śląska oraz firmie MEXEO,
pod opieką naukową dr hab. inż. Joanny Kalki, prof. PŚ i dr. hab. inż. Wiesława Hreczucha, MEXEO
oraz opiekuna pomocniczego dr. inż. Arkadiusza Chruściela, MEXEO

Zasadność doboru tematyki

Wzrost zanieczyszczenia środowiska przyczynia się do intensywnego rozprzestrzeniania się chorobotwórczych drobnoustrojów z włączeniem bakterii, grzybów oraz wirusów. Jednocześnie obserwuje się rosnącą oporność patogenów na już opracowane biocydy. Powyższe skutkuje potrzebą nieustannego poszukiwania nowych oraz optymalizacji przygotowania i użytkowania już istniejących preparatów dezynfekcyjnych. Szczególnie narażonym obszarem na wzrost oporności i wirulencji drobnoustrojów jest środowisko szpitalne, m.in. w konsekwencji przyjmowania i nieefektywnego usuwania nadmiaru antybiotyków i innych związków stosowanych na przykład w chemioterapii. Jednym ze związków chemicznych o szerokim zastosowaniu dezynfekcyjnym m.in. w przypadku sprzętu medycznego i eliminacji biofilmu jest ditlenek chloru (ClO_2). Jednakże, o ile właściwości dezynfekujące ww. związku znane są od wielu lat, o tyle połączenie właściwości

myjących i dezynfekujących w preparatach na bazie ClO_2 nadal wymaga dalszego, wnikliwego poznania. Ponadto, ważne jest aby nowo opracowywane produkty wykazywały wieloaspektową aktywność biobójczą, a jednocześnie były przyjazne dla środowiska, w którym są stosowane.

Powyższe, potwierdza zasadność i trafność wyboru tematyki rozprawy doktorskiej przez Panią mgr inż. Weronikę Augustyn. Przedstawiona do oceny praca prezentuje wyniki badań oraz możliwość ich praktycznego zastosowania, co jest wymogiem formalnym dla doktoratu wdrożeniowego. Szczegółowymi celami pracy było: 1) zbadanie aktywności biobójczej, opracowanych w czasie badań, pięciu preparatów na bazie ClO_2 , w tym dwóch dezynfekujących i trzech myjąco – dezynfekujących, zgodnie z normatywnymi metodami zawiesinowymi i nośnikowymi; 2) uprzednio opracowanie metod oznaczania ClO_2 w roztworach wodnych, zawierających komponenty organiczne oraz w powietrzu; następnie 3) oszacowanie potencjalnej toksyczności oraz ekotoksyczności zaproponowanych preparatów biobójczych. Na końcu 4) wykonano badania aplikacyjne dezynfekcji maseczek ochronnych oraz fartuchów RTG poddanych ekspozycji na ClO_2 .

Charakterystyka pracy z uwzględnieniem układu rozprawy, metodyki oraz zastosowanego piśmiennictwa

Przedstawiona do oceny praca doktorska obejmuje 160 strony tekstu oraz dokumentację w postaci 68 rysunków, 41 tabel i jednego załącznika w formie płyty CD. Całość treści podzielona jest poprawnie na rozdziały i podrozdziały, w sposób typowy dla tego rodzaju opracowań. Cytowana literatura zawiera 147 pozycji, głównie anglojęzycznych. Dobór literatury obejmujący zarówno klasyczne, jak i najnowsze pozycje z zakresu problematyki badawczej jest odpowiedni.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż zrealizowana praca doktorska wymagała podejścia interdyscyplinarnego i w związku z tym doboru metod z zakresu fizyki, chemii, biologii oraz inżynierii chemicznej i środowiskowej. Doktorantka wykazała się w tym przypadku dużą zdolnością organizacyjną oraz poprawnością w doborze metodyki i współpracy z innymi naukowcami w celu realizacji założonych celów badawczych i wdrożeniowych.

Badania zrealizowano w ramach dwóch projektów: grant badawczy MNiSW nr BKM-728/RIE7/2021 pt. „Opracowanie metod analitycznych oznaczania ditlenku chloru w roztworach wodnych w obecności zdefiniowanej matrycy organicznej” (Politechnika Śląska), oraz grant NCBiR nr POIR. 01.01.01-00-1104/17-00 pt. „Technologia wytwarzania oraz stosowania preparatów dezynfekcyjnych na bazie ditlenku chloru do zwalczania ognisk epidemicznych drobnoustrojów chorobotwórczych, o wysokiej

oporności na dezynfekcję chemiczną” (MEXEO w Kędzierzynie – Koźlu). Dodatkowo firma MEXEO dofinansowała badania z funduszu dla prac badawczo-rozwojowych.

Ocena rozprawy pod kątem zrealizowanych celów badawczych oraz praktycznego zastosowania uzyskanych wyników

Pan mgr inż. Weronika Augustyn zrealizował wszystkie założone cele badań, wykazując m.in., że:

- Połączenie miareczkowania woltamperometrycznego oraz techniki spektrofotometrycznej UV-VIS, umożliwia oznaczanie zawartości ClO₂ nie tylko w wodzie, ale również w bardziej złożonych układach zawierających organiczne środki myjące.
- Opracowanie sposobu kalibracji spektrofotometrycznej metody oznaczania zawartości gazowego ClO₂ w powietrzu, z wykorzystaniem pomiaru widma ditlenku chloru w fazie gazowej pozostającej w stanie bliskim równowagi z roztworem ClO₂, w znaczny sposób może uprościć oznaczanie zawartości ClO₂ w powietrzu.
- Obecność w układzie związków powierzchniowo czynnych poprawia skuteczność biobójczą opracowanych produktów (Armex 5 MD względem Armex 2000 Ultraczysty).
- Zastosowanie w składzie opracowanych preparatów prekursora i aktywatora (Armex 5 foam oraz Armex 5 WC) oraz wykorzystanie techniki aktywacji *in situ* pozwala na stabilne i bezpieczne przechowywanie tych preparatów do momentu ich wykorzystania.
- Stężenia biobójcze wyznaczone na drodze badań zawieszinowych nie są skuteczne w badaniach nośnikowych, symulujących warunki rzeczywiste.
- Sposób aplikacji oraz ilość środka dezynfekującego na jednostkę powierzchni wpływa na poziom redukcji liczebności patogenów.
- Stężenie skuteczne gazowego ClO₂ i uzyskanie wymaganego poziomu redukcji liczebności patogenów zależy od wilgotności powietrza w układzie badawczym. W wykonanych badaniach optymalna wilgotność względna została oszacowana na >70% dla produktu Armex 5 vH (badanie dezynfekcji powierzchni drogą powietrzną).
- Opracowany gazowy produkt na bazie ClO₂ skutecznie dezynfekuje maseczki ochronne oraz fartuchy RTG. Istnieje możliwość regeneracji i ponownego bezpiecznego wykorzystania maseczek i fartuchów po użyciu ww. produktu.
- W analizach porównawczych, na bazie dostępnych danych literaturowych, oszacowano, że opracowane w pracy doktorskiej produkty na bazie ClO₂, nie posiadają cech toksycznych w stosunku do człowieka oraz wybranych reprezentantów ekosystemów wodnych.

Ważną, z punktu dalszego wdrożenia i komercjalizacji, cechą opracowanych preparatów biocydowych na bazie ClO₂ jest **ich stabilność w trakcie przechowywania oraz szybki czas aktywacji.** Ponadto, opracowane formy użytkowe omawianych produktów, tj. koncentraty, pianka czy żel zostały ściśle dostosowane do obszarów aplikacji, w których ich stosowanie jest rekomendowane.

Uwagi i pytania

Doktorantka nie ustrzegła się drobnych pomyłek w zapisie, które jednak nie wpłynęły znacząco na ogólną pozytywną ocenę przedłożonej mi do recenzji dysertacji, np.: 1) zwykle przyjęła zapis jednostki w formie „mL”, ale czasami zdarza się „ml”; 2) są miejsca gdzie nie ma spacji pomiędzy liczbą i jednostką; 3) w „Streszczeniu” widnieje słowo „ekotoksyczność”; 4) w tekście w referencjach używa skrótu angielskiego „... et al. ...”, a w spisie literatury przy wymienianiu autorów używa „... i ...”.

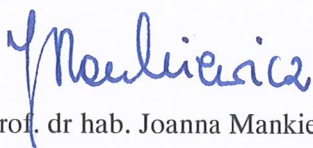
Po przeczytaniu dysertacji nasunęły mi się pytania, na które proszę o odpowiedź Doktorantki podczas obrony rozprawy doktorskiej:

1. Ponieważ doktorat jest bardzo dobrym przykładem badań interdyscyplinarnych, których realizacja zagwarantowała przygotowanie produktów do wdrożenia i komercjalizacji, proszę o wskazanie czy wszystkie analizy były możliwe do wykonania przez Doktorantkę samodzielnie, czy też niektóre zostały zlecone.
2. Czy mogłaby Pani podać nieco więcej szczegółów na temat sposobu oszacowania toksyczności i ekotoksyczności opracowanych produktów, np. jaka część procentowa składników w badanych preparatach była analizowana, na podstawie danych literaturowych, i wykazała brak efektu szacowanego dla człowieka albo wybranych organizmów wodnych.
3. Jakie jest Pani zdanie na temat wyznaczania bezpośredniej toksyczności dla człowieka przy wykorzystaniu metod alternatywnych takich jak analiza wybranych enzymów, czy badania na liniach komórkowych. Czy byłaby Pani skłonna zaproponować takie badania uzupełniające dla Pani preparatów.
4. Dlaczego do badań ekotoksykologicznych wybrała Pani organizmy wodne i co sądzi Pani o możliwości zastosowania testów z udziałem roślin w badaniach bezpieczeństwa opracowywanych środków biobójczych.

Wniosek końcowy

Reasumując pragnę stwierdzić, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska zatytułowana: **”Aktywność biobójcza ditlenku chloru w wieloskładnikowych preparatach dezynfekcyjnych”**, spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z ustawą - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (aktualny tekst jednolity: Dziennika Ustaw z roku 2023 poz. 742 ze zm.). Ponadto, powyższa rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz wykazuje niezbędną ogólną wiedzę teoretyczną Autorki i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Dlatego też, zwracam się do szanownej Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Śląskiej z prośbą o dopuszczenie Pani mgr inż. Weroniki Augustyn do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



prof. dr hab. Joanna Mankiewicz-Boczek