

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI
KATEDRA BIOTECHNOLOGII ŚRODOWISKOWEJ



**Politechnika
Śląska**

ROZPRAWA DOKTORSKA

Aktywność biobójcza ditlenku chloru w wieloskładnikowych preparatach dezynfekcyjnych

Biocidal activity of chlorine dioxide in multi-component disinfectants

Dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

mgr inż. Weronika AUGUSTYN

Promotorzy pracy:
dr hab. inż. Joanna Kalka, prof. PŚ
dr hab. inż. Wiesław Hreczuch, MEXEO

Opiekun pomocniczy:
dr inż. Arkadiusz Chruściel, MEXEO

Praca badawcza finansowana w ramach:
Programu Doktorat Wdrożeniowy – II edycja na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Śląskiej

Gliwice, 2023

STRESZCZENIE

Oporność patogenów chorobotwórczych na stosowane środki dezynfekujące, skutkuje wzrostem liczby zakażeń. W piramidzie oporności na środki biobójcze szczytowe miejsca, obok prionów, zajmują spory oraz wirusy bezotoczkowe. Za jeden z najbardziej opornych czynników chorobotwórczych uważa się bakterię przetrwalnikową *Clostridioides difficile* R027.

Kluczowym elementem zapobiegania rozprzestrzenianiu się patogenów jest dezynfekcja powierzchni. W celu określenia skuteczności biobójczej preparatów do dezynfekcji powierzchni, niezbędne jest dobranie odpowiednich metod, adekwatnych do proponowanej aplikacji produktu, ale również wyznaczenie stężenia skutecznego substancji biobójczej. Ważny aspekt stanowi określenie wpływu produktu na środowisko naturalne.

Celem pracy było zbadanie aktywności biobójczej utworzonych preparatów dezynfekujących i myjąco - dezynfekujących na bazie ditlenku chloru (ClO_2) zgodnie z normatywnymi metodami zawiesinowymi i nośnikowymi. Aby wyznaczyć stężenia skuteczne ClO_2 niezbędne było opracowanie metod jego oznaczania w roztworach wodnych, zawierających komponenty organiczne oraz w powietrzu. Dokonano również analizy szacunkowej toksyczności oraz ekotoksyczności otrzymanych produktów. Przeprowadzono badania aplikacyjne dezynfekcji maseczek ochronnych oraz fartuchów RTG poddanych ekspozycji na gazowy ClO_2 .

Opracowano metodę oznaczania zawartości ClO_2 w produktach dezynfekujących i myjąco-dezynfekujących. Polegała ona na połączeniu technik 1) miareczkowania woltamperometrycznego, umożliwiającego przeprowadzenie mianowania podstawowego roztworu wzorcowego ClO_2 i 2) spektrofotometrycznej, polegającej na sporządzeniu krzywej kalibracyjnej (na podstawie pomiaru woltamperometrycznego). Metodę woltamperometryczną, ze względu na brak możliwości pozyskania wzorca ClO_2 potraktowano jako bezwzględną metodę odniesienia. Wyznaczono molowy współczynnik absorpcji dla ClO_2 w roztworze $\epsilon_r = 1288 \pm 16,9 \frac{\text{L}}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$.

Opracowano sposób kalibracji spektrofotometrycznej metody oznaczania zawartości gazowego ClO_2 w powietrzu, z wykorzystaniem pomiaru specyficznego widma ditlenku chloru w fazie gazowej pozostającej w stanie bliskim równowagi z roztworem ClO_2 . Zaletą przedstawionej metody jest przede wszystkim prostota oznaczania ClO_2 w powietrzu z pominięciem stosowania złożonych układów generowania gazu oraz źródeł potencjalnych błędów wzorcowania.

W aspekcie oznaczania zawartości ClO_2 w powietrzu dokonano również analizy porównawczej wartości stężeń otrzymanych z wykorzystaniem detektora komercyjnego PortaSens III, z wartościami obliczonymi na drodze bilansu masowego w roztworze przed i po procesie gazowania. Uzyskano akceptowalną zgodność wyników.

W badaniach preparatywnych utworzono 5 produktów biobójczych na bazie ClO_2 w formie: koncentratów: **Armex 5 MD**, **Armex 2000 Ultraczysty** i **Armex 5 vH**; pianki: **Armex 5 foam** oraz żelu: **Armex 5 WC**. O właściwościach dezynfekujących (Armex 2000, Armex 5 vH) oraz myjąco –

dezynfekujących (3 pozostałe). Ich cechą charakterystyczną jest m.in. stabilność w warunkach przechowywania, którą uzyskano dzięki zastosowaniu techniki aktywacji *in situ* oraz krótki czas aktywacji do rekomendowanego stężenia ClO_2 – około 1 min.

Skuteczność biobójczą preparatów na bazie ClO_2 określono zgodnie z normami zawiesinowymi i nośnikowymi przeznaczonymi dla obszaru medycznego – jako najbardziej wymagającego. Badania wykonano wobec patogenów ściśle zdefiniowanych w normach, tj. bakterii, grzybów, prątków, spor – z uwzględnieniem opornego *Clostridioides difficile* R027 oraz wirusów – z uwzględnieniem koronawirusa ludzkiego 229E. Zaobserwowano synergistyczne działanie ClO_2 i surfaktantów w badanym układzie. Wykazano, że stężenia skuteczne wyznaczone metodami zawiesinowymi, nie dają pozytywnego rezultatu w badaniach nośnikowych, bardziej adekwatnie odwzorowujących warunki rzeczywiste. W badaniach dezynfekcji powierzchni drogą powietrzną udowodniono, że skuteczność biobójcza ClO_2 zależała, oprócz stężenia i czasu kontaktu, również od wilgotności względnej powietrza..

Analiza szacunkowa toksyczności ostrej oraz toksyczności ostrej i przewlekłej wobec środowiska wodnego wykazała, że opracowane produkty nie podlegały klasyfikacji w żadnej z kategorii. Opracowane produkty można zatem uznać za bezpieczne.

Skuteczny rezultat dezynfekcji gazowym ClO_2 masetek ochronnych uzyskano po 2 h ekspozycji w stężeniu 500 ppm *wag.* ClO_2 . W przypadku fartuchów RTG, pozytywny rezultat uzyskano po 4 h ekspozycji w stężeniu 1000 ppm *wag.* ClO_2 . Analiza spektrometryczna FTIR badanych materiałów nie wykazała uszkodzeń materiałów podczas ekspozycji na gaz.

Przeprowadzone badania pozwoliły na potwierdzenie tezy głównej pracy. Opracowano formuły preparatów dezynfekcyjnych na bazie ditlenku chloru o wysokiej skuteczności w ograniczaniu rozprzestrzeniania organizmów patogennych i znikomej szkodliwości dla środowiska.