

Streszczenie w języku polskim

Produkty ochrony indywidualnej (ang. Personal Care Products, PCPs) należą do mikrozanieczyszczeń coraz częściej identyfikowanych w różnych matrycach środowiskowych. Szczególne obawy budzi zanieczyszczenie ekosystemów dodatkami do PCPs, takimi jak konserwanty, jeszcze do niedawna uważanymi za nieszkodliwe dla środowiska. Pomimo, iż związki te występują w środowisku w niskich stężeniach to charakteryzują się wysoką aktywnością biologiczną, potencjałem do bioakumulacji oraz niską biodegradowalnością. Obecność substancji konserwujących w środowisku naturalnym stanowi poważne zagrożenie dla funkcjonowania ekosystemów wodnych i glebowych, co stwarza potrzebę poszukiwania efektywnych metod ich eliminacji i detoksykacji.

W pracy przeglądowej wykazano, iż konserwanty, takie jak triklokarban, chloroksylenol (PCMX), metyloizotiazolinon (MIT) oraz chlorek benzalkoniowy, ze względu na powszechne wykorzystanie w wielu produktach ochrony indywidualnej oraz nieefektywną eliminację w oczyszczalni ścieków, identyfikowane są w wodach powierzchniowych, osadach dennych oraz glebach. Dane dotyczące ich mikrobiologicznej degradacji są bardzo ograniczone. Spośród opisywanych związków, najmniej poznanymi są MIT i PCMX, pomimo znacznego wzrostu ich wykorzystania w produkcji środków dezynfekcyjnych w ostatnim czasie. Dlatego też ksenobiotyki te zostały wybrane jako przedmiot badań prezentowanej pracy.

Rozprawa doktorska miała na celu poznanie przemian środowiskowych, jakim podlegają te konserwanty, ocenę ich ryzyka toksykologicznego wobec organizmów wodnych i glebowych, a także wyselekcjonowanie drobnoustrojów zdolnych do eliminacji tych związków.

W pracy wykazano po raz pierwszy, iż MIT jest identyfikowany w Polsce w próbach gleby i ścieków. Stwierdzono, że wśród badanych drobnoustrojów najwyższą tolerancją wobec MIT charakteryzował się szczep *Phanerochaete chrysosporium* DSM 1556. Dlatego też oceniono zdolność tego drobnoustroju do biodegradacji testowanego ksenobiotyku. Wykazano, że szczep *P. chrysosporium* całkowicie eliminuje MIT z podłoża wzrostowego. Analizy LC-MS/MS i GC-MS/MS ekstraktów pochodzących umożliwiły identyfikację trzech nowych produktów biodegradacji – hydroksymetyloizotiazolinonu, dihydroksymetyloizotiazolinonu i kwasu N-metylomalanowego. Wykazano także udział lakazy w tym procesie. Analiza toksyczności testowanego związku oraz powstających

metabolitów z wykorzystaniem skorupiaków *Daphnia magna* wykazała, że proces eliminacji MIT ma charakter detoksykacji.

W kolejnym etapie badań analizowano mechanizm rozkładu chloroksylenolu przez szczepy *Cunninghamella elegans* IM 1785/21GP oraz *Trametes versicolor* IM 373, które charakteryzowały się największym potencjałem degradacyjnym. Stwierdzono po raz pierwszy, iż metabolizm tego konserwantu przez *C. elegans* przebiega na drodze dehalogenacji, hydroksylacji pierścienia aromatycznego oraz utlenienia grupy metylowej z wytworzeniem dwóch metabolitów: 2,6-dimetylobenzeno-1,4-diolu oraz 2,5-dihydroksy-3-metylobenzaldehydu. W przypadku *T. versicolor* zidentyfikowano po raz pierwszy trzy metabolity: kwas 4,6-dioksoheks-2-enowy, kwas 5-metylo-6-oksoheksa-2,4-dienowy oraz kwas 3-chloro-2,4-dimetyloheksa-2,4-dienodiowy, wykazując, że proces biodegradacji PCMX przez ten szczep przebiega na drodze: dehalogenacji, hydroksylacji i utlenienia, które prowadzą do rozszczepienia pierścienia. Stwierdzono, że degradacja chloroksylenolu przebiega z udziałem enzymów cytochromu P450 u *C. elegans* oraz lakazy u *T. versicolor*, a proces ma charakter detoksykacji.

Ostatnim etapem badań była ocena toksyczności środowiskowej metyloizotiazolinonu i chloroksylenolu wobec bakterii glebowych *Pseudomonas putida* DSM 291, *Pseudomonas moorei* DSM 12647, *Sphingomonas mali* DSM 10565 i *Bacillus subtilis* DSM 3657. Stwierdzono, iż zarówno MIT, jak i PCMX, powodują obniżenie żywotności, zdolności do produkcji biofilmu, zahamowanie syntezy fitohormonu – kwasu indolo-3-octowego oraz wzrost ilości reaktywnych form tlenu u badanych bakterii. Odnotowano także zmiany przepuszczalności osłon komórkowych oraz zmiany profilu fosfolipidowego badanych bakterii, w odpowiedzi na toksyczne działanie MIT i PCMX.

Przeprowadzone badania wykazały możliwość wykorzystania w procesach biotechnologicznych drobnoustrojów zdolnych do wydajnej eliminacji i detoksykacji metyloizotiazolinonu i chloroksylenolu. Ponadto, uzyskane wyniki pozwoliły na poznanie potencjalnych przemian środowiskowych badanych ksenobiotyków oraz ocenę ich ryzyka toksykologicznego wobec organizmów wodnych i glebowych.