

## STRESZCZENIE

### Badanie enkapsulacji supramolekularnej, jako potencjalnego narzędzia do analiz i usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń z fazy ciekłej

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy pracy eksperymentalnej poświęconej badaniom enkapsulacji supramolekularnej, prowadzonej w oparciu o cząsteczki cyklodekstryn, jako potencjalnego narzędzia analizy i usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń organicznych z fazy ciekłej. W szczególności, badano szereg problemów związanych z tworzeniem kompleksów typu gość-gospodarz, włączając w to: **(i)** badania podstawowe dotyczące tworzenia kompleksów supramolekularnych (tzw. enkapsulacja molekularna) pomiędzy związkami o strukturze makrocyklicznej ( $\beta$ -cyklodekstryna i jej pochodna 2-hydroksypropylo- $\beta$ -cyklodekstryna) oraz wybranymi cząsteczkami "gośćmi", które mogą występować w wodzie pitnej, ściekach i ekosystemach wód powierzchniowych, jako mikrozanieczyszczenia i działać, jak modulatory hormonalne (EDCs). Szczególnie zwrócono uwagę na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAHs) oraz bisfenole; **(ii)** badania przesiewowe, oznaczanie ilościowe oraz klasyfikacja wybranych frakcji organicznych, z uwzględnieniem bisfenoli, które mogą być składowymi różnych produktów codziennego użytku. Występujące, jako mikrozanieczyszczenia ekosystemów wód powierzchniowych, uwalniane do nich poprzez ścieki oczyszczone np. z Oczyszczalni Jamno (Koszalin); oraz **(iii)** przeprowadzenie wstępnych biologicznych eksperymentów wielowariancyjnych z wykorzystaniem wodnego organizmu chlorofilowego - rzęsy wodnej (*Lemna minor L*), odgrywającej rolę aktywnej biomasy eliminującej mikrozanieczyszczenia (bisfenolami) z fazy wodnej. Dodatkowo, założono, iż uzyskanie wstępnych danych ilościowych poprzez eksperyment wielowariancyjny z użyciem rzęsy wodnej oraz w obecności cyklodekstryny, jak również danych chromatograficznych z tworzenia kompleksów supramolekularnych, umożliwi projektowanie przyszłych badań dotyczących tzw. zielonych technologii usuwania mikrozanieczyszczeń, jako uzupełnienie do obecnych procesów usuwania mikrozanieczyszczeń, głównie mineralnych.

Rezultaty badań wskazują na wysoki potencjał kompleksowania typu gość-gospodarz z wykorzystaniem cyklodekstryn dla celów analitycznych oraz technologicznych w doczyszczaniu ścieków. Wykazano, iż dodatek do fazy ciekłej wybranych makrocykli, w tym  $\beta$ -cyklodekstryny oraz jej hydroksypropylowej pochodnej, wpływa znacząco na retencję analitów (cząsteczki "goście") takich jak: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (naftalen i jego pochodne: metylowane naftaleny oraz izomery optyczne 1-acenaftenolu), jak również wybrane bisfenole (A, B, C, E, F, S, Z, AF, AP, BP, FL), zarówno w systemach statycznych (roztwory) oraz dynamicznych (układy chromatograficzne). Przedstawiono dane eksperymentalne oraz zaproponowano możliwy mechanizm kompleksowania wskazujący na potencjalne zastosowanie danych retencyjnych uzyskiwanych z chromatografii planarnej do projektowania selektywnych systemów ekstrakcji pozostałości WWA z faz ciekłych. Ponadto, dokonano optymalizacji procesu rozdzielania bisfenoli w oparciu o metodologię wysokosprawnej chromatografii cieczowej (pracującej w trybie zależnej od temperatury chromatografii inkluzyjnej), dla celów oznaczeń ilościowych w/w analitów w próbkach złożonych. Opracowany schemat oznaczeń ilościowych, ze względu na swoją prostotę (system izokratyczny), może być z powodzeniem stosowany w analizowaniu mikrozanieczyszczeń bisfenoli w złożonych matrycach organicznych, w szczególności dla celów monitorowania procesów technologicznych oczyszczania ścieków komunalnych. W badaniach wykazano, iż szereg organicznych substancji niskocząsteczkowych o polarności w zakresie estrol - progesteron, może być emitowanych z produktów codziennego użytku, szczególnie w warunkach podwyższonej temperatury. Problem ten powinien być brany pod uwagę w projektowaniu procesów oczyszczania ścieków komunalnych, również w kontekście tzw. mikroplastików. Wyniki eksperymentu wielowariancyjnego z użyciem rzęsy wodnej oraz cyklodekstryny wskazują na możliwość użycia biomasy organizmów wodnych do redukcji ilości mikrozanieczyszczeń w fazie ciekłej.

Przedstawione dane eksperymentalne prezentowane w niniejszej rozprawie doktorskiej można traktować, jako punkt wyjścia do projektowania dalszych eksperymentów, które

mogą poprawić skuteczność i umożliwić wysoką selektywność usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych w trakcie technologicznych procesów oczyszczania ścieków, w tym z udziałem biomasy i/lub enkapsulacji supramolekularnej związanej z obecnością makrocyklicznych oligosacharydów w fazie ciekłej.