

Nanoelektrody w Pikolitrowych Kropelkach: Nowe Możliwości w Chemii Pojedynczych Cząsteczek

Celem projektu jest zrozumienie procesów zachodzących w układach zawierających niewielką ilość cząsteczek (nawet pojedynczych). Skupimy się na zbadaniu reakcji redukcji tlenu, która odgrywa istotną rolę w procesach biologicznych oraz w wielu typach elektrochemicznych urządzeń do magazynowania i konwersji energii, takich jak baterie i ogniwa paliwowe. Szczególną uwagę zwrócimy na proces utraty aktywności cząsteczek enzymu katalizującego redukcję tlenu i obecność krótkotrwałych reaktywnych form tlenu. Tworzenie się takich form w rozpuszczalnikach organicznych jest dobrze udokumentowane, a coraz więcej wyników publikowanych w ostatnim czasie wskazuje również na możliwość ich krótkotrwałego występowania w środowisku wodnym, gdzie bardzo szybko reagują z wodą oraz innymi składnikami roztworu.

W projekcie wykorzystane zostaną techniki elektrochemiczne, które w przeciwieństwie do metod optycznych, do obserwacji pojedynczych cząsteczek nie wymagają mocnego oświetlenia. Zamierzamy wykorzystać możliwość tworzenia kropelek elektrolitu o średnicy o wiele mniejszej od grubości ludzkiego włosa (objętość w zakresie od 10^{-18} do 10^{-9} litra) i ich manipulowania w polu elektrycznym do ich osadzania na elektrodach o jeszcze mniejszym rozmiarze. Połączenie tak małych elektrod i kropelek stworzy układ, w którym dyfuzja substancji rozpuszczonej będzie wystarczająco szybka do uzyskania czułości niezbędnej do analizy zmian aktywności pojedynczych cząsteczek enzymów w czasie oraz możliwe będzie przeprowadzenie całkowitej elektrolizy substancji obecnej w kropelce w krótkim czasie. Mikroskopijna objętość elektrolitu zapobiegnie odpływowi krótkotrwałych form od elektrod i umożliwi wytworzenie się stanu w którym ich stężenia będą mierzalne przy niewielkiej ich całkowitej ilości. Zajmiemy się dwoma aspektami związanymi z redukcją tlenu: tworzeniem się i reakcjami następczymi reaktywnych form tlenu oraz aktywnością katalityczną niewielkiej ilości cząsteczek enzymów katalizujących redukcję tlenu. Dzięki niewielkim rozmiarom zaproponowanego naczynia elektrochemicznego możliwe będzie zarejestrowanie krótkotrwałych form zanim przereagują z rozpuszczalnikiem lub innymi składnikami roztworu lub odpłyną z dala od elektrod. Zamierzamy prześledzić zmiany aktywności cząsteczek enzymu w czasie, żeby zrozumieć w jaki sposób zmienia się ich aktywność (stopniowo, czy skokowo).

Nowe metody analityczne zaproponowane w ramach tego projektu umożliwią ich wykorzystanie do badań nad innymi układami zawierającymi pojedyncze indywidua chemiczne i substancje krótkotrwałe. Bezpośrednia detekcja reaktywnych form tlenu otworzy nowe możliwości badań nad specyficznymi reakcjami tych krótkotrwałych form ze składnikami roztworu, układami biologicznymi, lub powierzchniami stałymi. Zrozumienie mechanizmów dezaktywacji umożliwi racjonalne projektowanie składu środowisk reakcyjnych i warunków, w których enzymy będą lepiej zabezpieczone, żeby efektywniej wykorzystywać je w procesach technologicznych.