

- 2015/17/D/ST4/00569 [2016-2019] Mechanizmy tworzenia i funkcjonalność multiwarstw nanocząstek zawierających biokompatybilne molekuly – dr M. Morga

Zrozumienie mechanizmów osadzania cząsteczek oraz adsorpcji makrocząsteczek na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz ma istotne znaczenie dla wielu dyscyplin naukowych, takich jak: inżynieria materiałowa, technologia żywienia, technologia farmaceutyczna i kosmetyczna, medycyna, elektroforeza, chromatografia, filtracja i kataliza. Szczególnie ważne są procesy adsorpcji makrocząstek (białka, peptydy, polielektrolity). Adsorpcja (immobilizacja) makromolekuł na powierzchniach stałych może mieć charakter zarówno korzystny: biokompatybilizacja implantów, testy immunologiczne, tworzenie biokapsulek dla efektywnego dostarczania leków, konstrukcja biosensorów, procesy filtracji membranowej dla separacji białek, konstrukcji jednostek membranowych, jak i niekorzystny: odpowiedzialne za odrzucanie implantów po przeszczepie, tworzenie się złożeń białek, tworzenie skrzepów, czy zanieczyszczenia soczewek kontaktowych. W związku ze szczególnie ważną rolą jaką odgrywają zjawiska adsorpcji nanocząstek i biomolekuł na powierzchniach stałych, najważniejszym zagadnieniem jest zrozumienie mechanizmów odpowiedzialnych za to zjawisko. W ostatnich latach tworzenie monowarstw nanocząstek/biomolekuł na powierzchniach substratów było przedmiotem intensywnych badań wielu zespołów, jednakże mechanizmy adsorpcji/osadzania w dalszym ciągu stanowią wyzwanie dla naukowców. Pomimo, dużej ilości danych literaturowych dotyczących adsorpcji i osadzania pojedynczych monowarstewek na powierzchniach podłoża stałych, najbardziej podstawowe aspekty tych procesów wciąż pozostają niejasne. Jak do tej pory brak jest również doniesień w literaturze przedmiotu o prowadzonych w sposób systematyczny badań ilościowych nad tworzeniem i stabilnością wielowarstwowych nanofilmów w warunkach in situ. Dlatego też do głównych celów projektu należy zrealizowanie następujących założeń badawczych: (i) wyjaśnienie mechanizmów tworzenia wielowarstwowych nanofilmów, (ii) opracowanie powtarzalnej procedury tworzenia dobrze zdefiniowanych multiwarstw nanocząstek (Ag, Fe₂O₃, CuO) i makromolekuł (poli-L-lizyny - PLL, poli-L-argininy – PARG, chlorowodorku polialliloaminy - PAH) o rozmiarach nanometrycznych, na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz oraz (iii) opracowanie niezawodnej i efektywnej procedury pomiarowej dla charakterystyki multiwarstw w warunkach in situ. Szczególnie ważne jest opisanie w sposób ilościowy transportu nanocząstek do powierzchni międzyfazowych ciało stałe/ciecz oraz określenie korelacji między właściwościami fizykochemicznymi suspensji (mającymi decydujący wpływ na szybkość osadzania nanocząstek na powierzchniach stałych), a właściwościami fizykochemicznymi otrzymanych multiwarstw. Oprócz istotnego znaczenia jako układów odniesienia, przeprowadzone badania i ich ilościowa interpretacja, będą wykorzystywane do rozwinięcia uniwersalnej metody wytwarzania materiałów wielowarstwowych nanocząstek, polielektrolitów, białek o dobrze kontrolowanych właściwościach. Materiały takie mogą znaleźć zastosowanie do wytwarzania biosensorów lub materiałów dla zastosowań medycznych. Techniki pomiarowe oraz eksperymenty badawcze planowane w przedstawianym projekcie łączą szereg komplementarnych metod odpowiednich do badania nanocząstek oraz biomolekuł w warunkach „mokrych”, in situ, takich jak: UV-vis, potencjał przepływu, mikroelektroforeza, metoda dynamicznego rozpraszania światła, pomiary AFM w fazie wodnej, jak również w warunkach ex situ, „pomiary na sucho” z zastosowaniem mikroskopii AFM, TEM oraz SEM. Ponieważ zakłada się, że elektrokinetyczne właściwości cząstek mogą wpływać na strukturę, pokrycie, i stabilność otrzymywanych multiwarstw, w celu przeprowadzenia ilościowych badań nad formowaniem multiwarstw nanocząstek oraz multiwarstw nanocząstek z wbudowanymi biomolekułami planowane jest określenie korelacji między elektrokinetycznymi właściwościami użytych do badań cząstek takimi jak potencjału zeta, liczba ładunków skompensowana, gęstość ładunku i wartości punktu izoelektrycznego na powstawanie i stabilność otrzymanych wielowarstwowych nanostruktur oraz teoretyczny opis kinetyki tworzenia multiwarstw na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz za pomocą elektrokinetycznego modelu 3D oraz metod modelowania numerycznego MC-RSA. Zakres prac badawczych założonych w projekcie obejmuje szerokie spektrum zagadnień łączących w sobie elementy chemii koloidów, fizykochemii powierzchni oraz zagadnień transportu i adsorpcji cząstek na powierzchniach granicznych ciało stałe/ciecz. W ten sposób przyczynia się w istotny sposób do rozwoju nauki. Zastosowanie dokładnie scharakteryzowanych nanocząstek oraz makrocząstek o określonej wielkości i właściwościach powierzchniowych oraz kontrola parametrów takich jak: temperatura, siła jonowa, pH w celu uzyskania nanostruktur wielowarstwowych przyczyni się do wytwarzania funkcjonalnych nanofilmów i powłok o dobrze zdefiniowanej strukturze i topologii. Zastosowanie dobrze zdefiniowanych materiałów umożliwi również określenie zakresu stosowalności modeli teoretycznych w nanoskali. Otrzymane wyniki wniosą również wkład w opracowanie ilościowych modeli formowania multiwarstw i oddziaływania nanocząstek w ich obrębie. Zebrane dane eksperymentalne dla różnych systemów koloidowych znajdą zastosowanie jako układy referencyjne w interpretacji adsorpcji białek. Dodatkowo, ważnym celem badań jest zrozumienie i opisanie mechanizmów uwalniania nanocząstek z ich monowarstw/multiwarstw o ściśle określonym stopniu heterogeniczności. W ten sposób możliwe będzie określenie w sposób precyzyjny zachowania uzyskanych nanostruktur w środowisku zgodnym z ich przeznaczeniem. Oprócz istotnych aspektów poznawczych w określeniu mechanizmów wiązania i uwalniania nanocząsteczek z dobrze scharakteryzowanych

materiałów wielowarstwowych, tematyka proponowana w projekcie oraz dobór cząstek i biomolekuł ma zasadnicze znaczenie dla rozwoju przemysłu i techniki. Zdobyta wiedza pozwoli na zaprojektowanie nowych materiałów o pożądanych właściwości, np.: pokryć biobójczych dla zastosowań w biologii i medycynie bądź wydajnych i stabilnych sensorów. Elementem nowości proponowanego projektu jest zastosowanie metody potencjału przepływu do bezpośredniej charakterystyki otrzymanych multiwarstw. Warto podkreślić, że tego rodzaju badania nie były dotychczas prowadzone ani opisane w literaturze przedmiotu. Cele badawcze zawarte w tym projekcie są istotne zarówno dla nauk podstawowych koloidów jak również rozwinięcia efektywnej i powtarzalnej procedury przygotowania multiwarstw nanocząstek o określonym składzie i właściwościach. Kontrolując gęstość i strukturę otrzymanych materiałów wielowarstwowych jest zasadniczym wymogiem dla rozwoju nowych materiałów w skali nano takich jak pokrycia antybakteryjne czy mikrokapsułki do kontrolowanego uwalniania leków w terapiach docelowych itp.