

O selektywnym wiązaniu białek i nowych możliwościach dla biosensorów

Na styku fizyki, chemii i biologii coraz częściej powstają rozwiązania, które do niedawna wydawały się trudne do pogodzenia. Jednym z nich jest stworzenie powierzchni, które, z jednej strony, skutecznie wiąże wybrane białko funkcjonalne (o prawidłowej strukturze przestrzennej, zdolne do pełnienia swojej określonej funkcji biologicznej w komórce lub organizmie), a z drugiej – niemal całkowicie blokują niespecyficzną adsorpcję (przyłączanie się cząsteczek białka do powierzchni innego materiału) wszystkich pozostałych. Zespół naukowców z Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego, we współpracy z badaczami z Uniwersytetu w Gandawie oraz Politechniki Lwowskiej, zaprezentował właśnie rozwiązanie, które łączy te dwie – pozornie sprzeczne – cechy.

Używane do tej pory powierzchnie funkcjonalne powstały z myślą o zastosowaniach w biosensorach oraz hodowlach komórek. W takich systemach kluczowe znaczenie ma nie tylko ilość unieruchomionego białka funkcjonalnego, lecz także jego aktywność biologiczna i orientacja względem powierzchni. Dodatkowo, nieselektywna adsorpcja innych białek, typowa dla wielu materiałów, prowadzi do zakłóceń sygnału pomiarowego i obniżenia wiarygodności wyników. Z tego powodu od lat poszukuje się materiałów, które potrafiłyby „rozpoznać” właściwe cząsteczki i zignorować pozostałe.

Rozwiązaniem zaproponowanym przez zespół naukowców są powierzchnie pokryte szczepionymi kopolimerami, złożonymi z dwóch rodzajów segmentów pełniących odmienne funkcje. Segmenty OEGMA odpowiadają za odporność na niespecyficzną adsorpcję białek, natomiast segmenty MAA – po odpowiedniej aktywacji – umożliwiają kowalencyjne (stałe)



Dr hab. Katarzyna Gajos

wiązanie wybranego białka funkcjonalnego. Odpowiedni dobór proporcji tych segmentów pozwolił uzyskać warstwy o wyjątkowych właściwościach selektywnych.

W toku badań udało się określić optymalny skład takich warstw, który zapewnia praktycznie zerową adsorpcję niespecyficzną, a jednocześnie rekordowo wysoki poziom immobilizacji (unieruchomienia na powierzchni nośnika) białka funkcjonalnego. W przypadku immunoglobuliny G (IgG) zajmowała ona nawet 29 procent objętości szczepionych polimerów. Tak wysoka gęstość aktywnych przeciwciał ma bezpośrednie przełożenie na potencjalną czułość biosensorów, zwiększając prawdopodobieństwo skutecznego rozpoznania antygeny.

Istotnym elementem badań była analiza nie tylko samej obecności przeciwciał w warstwach polimerów, lecz także ich rozmieszczenia i orientacji. Do tego celu wykorzystano spektrometrię mas jonów wtórnych ToF-SIMS – technikę pozwalającą badać skład chemiczny i strukturę molekularną z bardzo wysoką czułością. Zastosowanie tej metody umożliwiło określenie, które fragmenty przeciwciała uczestniczą w tworzeniu wiązań z powierzchnią oraz w jaki sposób orientacja cząsteczki wpływa na zachowanie jej

aktywności biologicznej. To właśnie ta orientacja decyduje o tym, czy przeciwciało zachowa zdolność skutecznego wiązania antygeny.

Równolegle z badaniami nad selektywnością wiązania białek oceniano biokompatybilność opracowanych powierzchni. Testy z wykorzystaniem hodowli ludzkich fibroblastów potwierdziły, że materiały są przyjazne dla komórek. Co więcej, wykazano, że kowalencyjne (atomy dzielą się parami elektronów) przyłączenie do powierzchni fibronektyny – drugiego białka funkcjonalnego użytego w badaniach, dodatkowo zwiększa ich zgodność biologiczną. Otwiera to drogę do potencjalnych zastosowań nie tylko w biosensorach, lecz także w inżynierii tkankowej i biomateriałach.

Wyniki badań zostały opublikowane w prestiżowym czasopiśmie „ACS Applied Materials and Interfaces”. Prace te są częścią projektu SONATA (grant 2021/43/D/ST5/02231), realizowanego pod kierunkiem dr hab. Katarzyny Gajos. Celem projektu jest pogłębienie wiedzy na temat dominujących orientacji przeciwciał na różnych powierzchniach oraz zrozumienie oddziaływań odpowiedzialnych za ich selektywne wiązanie.

Opisane badania pokazują, że precyzyjne projektowanie powierzchni na poziomie molekularnym pozwala nie tylko kontrolować ilość immobilizowanego białka, lecz także zachować jego funkcjonalność. Dzięki tym odkryciom możliwe będzie zaprojektowanie bardziej niezawodnych biosensorów i zaawansowanych biomateriałów, w których powierzchnia przestaje być biernym nośnikiem, a staje się aktywnym, zaprogramowanym elementem całego układu.

Opracowała Anna Gawlik

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej