



**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANI MGR INŻ. MAGDY MARII KOZAK
p.t. „BAKTERIOBÓJCZE I FOTOKATALITYCZNE WŁAŚCIWOŚCI NANORUREK
MODYFIKOWANYCH MIEDZIĄ ORAZ SREBREM”**

przygotowanej pod kierunkiem naukowym Pani Promotor, Prof. dr. hab. inż. Adriany Zaleskiej-Medynskiej

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Magdy Marii Kozak stanowiąca podstawę w procedurze uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne doskonale wpisuje się w trendy jednej z najprężniej rozwijających się dziedzin współczesnej nauki – fotokatalizy heterogenicznej. Nanomateriały są obecnie najczęściej eksplorowanymi związkami ze względu na unikatowe właściwości, a ich modyfikacje i możliwości zastosowań stanowią duże wyzwanie, którego to właśnie podjęła się Doktorantka.

Praca napisana jest w układzie standardowym. Rozpoczyna ją Spis treści, a następnie Streszczenie, *Abstract*, Wykaz skrótów i symboli, Wprowadzenie, Część teoretyczna, Cel i zakres pracy, Metodyka badawcza, Wyniki badań i dyskusja (publikacje A1-A3), Wnioski, Literatura (91 pozycji), Dorobek naukowy, Załączniki artykułów A1-A3 i kończą ją Oświadczenia współautorów publikacji.

Część literaturowa pracy jest wyjątkowo krótka (6 stron), ale bardzo treściwa zawierająca podstawy fotokatalizy heterogenicznej i opisująca metody otrzymywania fotokatalizatorów oraz możliwości ich zastosowań.

Cel pracy Doktorantka zawarła w trzech punktach, a następnie wyszczególniła jakie badania przeprowadziła dla dwóch serii materiałów, a w tabeli 2 zamieściła nazwy próbek, ich skład oraz parametry utleniania anodowego oraz nazwy modelowych reakcji.

Następnie Autorka opisała metodykę badawczą zaczynając od szczegółowego opisu metody otrzymywania fotokatalizatorów, a w tabeli 3 zamieściła techniki badawcze i ich krótki opis wraz z zastosowaniem ich do charakterystyki nanomateriałów, przypisując je do



odpowiedniej publikacji A1-A3. Kandydatka do stopnia naukowego doktora badała fotokatalizatory szerokim spektrum metod: skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM), spektrometria rentgenowska dyspersji energii (EDX), spektroskopia rozproszonego odbicia w zakresie promieniowania ultrafioletowego i widzialnego (DRS UV-Vis), fotoluminescencja (PL), fotoelektronowa dyfrakcja promieni rentgenowskich (pXRD), rentgenowska spektrometria fotoelektronów (XPS), chromatografia gazowa z detektorem termokonduktometrycznym (CG-TCD), analiza widm efektywności inaktywacji bakterii w zależności od długości fali promieniowania. W następnych podrozdziałach Doktorantka zaprezentowała w jaki sposób badała aktywność fotokatalityczną w reakcji degradacji fenolu w fazie wodnej oraz w reakcji generowania rodników hydroksylowych. Przedstawiła również przebieg badania aktywności fotokatalitycznej w reakcji inaktywacji bakterii w fazie wodnej oraz badania mechanizmu tej ostatniej.

Rozdział 5 stanowią trzy artykuły naukowe. W trzech podrozdziałach Autorka streściła każdą z publikacji. Wszystkie wyniki opisane w pracy doktorskiej już opublikowano w bardzo specjalistycznych czasopismach, takich jak *Catalysts*, *Applied Surface Science* i *Nanomaterials*, w których ich jakość i oryginalność ocenili zewnętrzni recenzenci oraz edytorzy. Z tego powodu uważam, że ponowne opisywanie i ponowna ocena jakości tych danych oraz ich ponowne podsumowanie jest zbędne. Podobnie jak wymienione grono uważam, że jakość przedstawionych wyników jest bardzo wysoka, ponieważ obejmują one bardzo obszerne badania nowych efektywnych fotokatalizatorów. Zaprezentowany cykl publikacji to piękne zilustrowanie połączenia wizjonerskiej idei Promotorki z praktyczną realizacją przez Kandydatkę do stopnia naukowego doktora wskazujące na ich owocną współpracę naukową.

Wyniki badań z podrozdziału 5.1 zweryfikowane zostały przez edytora i recenzentów czasopisma *Catalysts*, a co najważniejsze też docenione przez naukowców, gdyż ta praca była cytowana 16 razy (bez autocytowań). W publikacji tej wykazano skuteczność procesu utleniania anodowego dwuskładnikowych stopów metali Ti-Cu celem uzyskania nanorurek TiO₂ dekorowanych miedzią. Doktorantka wykorzystywała je do zbadania biologicznego potencjału aplikacyjnego w reakcji inaktywacji trzech modelowych mikroorganizmów w



obecności nanorurek otrzymanych ze stopu $Ti_{95}Cu_5$ w obecności światła widzialnego. Publikacja ta przyczyniła się do zaprojektowania i przetestowania prototypu fotoreaktora cienkowarstwowego, wszystkie szczegóły dotyczące tej części pracy opisano w trzech zgłoszeniach patentowych.

Z prawdziwą satysfakcją stwierdzam, iż istotnym sukcesem Pani mgr inż. Magdy Marii Kozak był kierowanie projektem, który uzyskał finansowanie z Narodowego Centrum Nauki w konkursie PRELUDIUM 15 pt. „Fotoaktywne kompleksowe nanostruktury otrzymane w procesie utleniania anodowego” i właśnie wyniki jego realizacji zawierają dwie pozostałe publikacje.

Podrozdział 5.2 pracy doktorskiej opisuje wyniki badań zawarte w publikacji, którą ogłoszono w prestiżowym specjalistycznym czasopiśmie *Applied Surface Science*. Do otrzymania trójskładnikowych stopów metali zastosowano metodę utleniania anodowego, przeprowadzono pełną charakterystykę trzech otrzymanych fotokatalizatorów (morfologia powierzchni, struktura krystaliczna, chemiczny charakter warstwy powierzchniowej) oraz zbadano ich fotoaktywność bakteriobójczą w modelowej reakcji inaktywacji mikroorganizmów z fazy wodnej. Najbardziej obiecujące wyniki osiągnięto w obecności nanorurek $TiO_2/Ag_2O/Au^0$ i promieniowania widzialnego dla bakterii gronkowca złocistego.

Kontynuując badania na podstawie wyciągniętego wniosku, że największą aktywność wykazują nanostruktury z 94% zawartością tytanu przeprowadzono badania poszukiwania bakteriobójczych trójskładnikowych fotokatalizatorów z miedzią, srebrem, platyną i złotem z czterema szczepami bakterii. Najefektywniejsze okazały się nanorurki $TiO_2/Ag_2O/Au^0$ z wydajnością 99% w obecności gronkowca złocistego i nanorurki $TiO_2/Ag_2O/PtO_x$ w stosunku do pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*) - 96,5%. Wyjaśniono również mechanizm fotokatalitycznej inaktywacji bakterii w zakresie promieniowania widzialnego i wykazano, że anionorodniki ponadtlenkowe reagują ze ścianami i błonami mikroorganizmów, powodując ich pęknięcie, a w konsekwencji ich inaktywację.



Następnym rozdziałem dysertacji są Wnioski, w którym Pani mgr inż. Magda Maria Kozak wskazuje sześć najważniejszych osiągnięć. Ciekawi mnie Jej zdanie, które z przeprowadzonych badań uważa za swój największy sukces i dlaczego.

Dorobek naukowy Autorki jest solidny! Doktorantka jest współautorką siedmiu publikacji o IF~40, trzech zgłoszeń patentowych. Prezentowała wyniki swoich badań w formie posterów na czterech konferencjach. Odbyła dwutygodniowy staż naukowy w Instytucie Fotokatalizy Uniwersytetu Hokkaido w Sapporo w Japonii. Pani mgr inż. Magda Maria Kozak uczestniczyła w 8 projektach badawczych, w tym kierowała grantem PRELUDIUM.

Załączniki zawierają pełne teksty publikacji A1-A3 oraz materiały uzupełniające, odpowiednio. Ostatni rozdział to oświadczenia współautorów.

Stwierdzam, że cel postawiony przez Doktorantkę został w pełni osiągnięty, a sukces ten bazuje na Jej ciężkiej pracy. Zastosowany warsztat badawczy i sposób przedstawienia wyników dowodzi dużej biegłości doświadczałnej i znajomości nowoczesnej fotokatalizy.

Dziękuję Wysokiej Radzie Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Gdańskiego za zaszczyt bycia recenzentem omawianej pracy.

Przedstawiona mi do oceny praca doktorska Pani mgr inż. Magdy Marii Kozak jest kontynuacją i rozszerzeniem problematyki badawczej, rozwijanej intensywnie i efektywnie przez zespół badawczy Profesor Adriany Zaleskiej-Medynskiej. Wzbogaca ona w znaczny sposób wiedzę z fotokatalizy heterogenicznej, a jej zakres, poziom i znaczenie spełniają wymagania stawiane rozprawom przez zapisy ustawowe, wobec czego przedkładam wniosek o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.