

dr hab. inż. Agata Markowska-Szczupak  
Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska  
Zakład Biotechnologii  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Pułaskiego 10  
70-322 Szczecin

Szczecin, 26.04.2015 r.

## RECENZJA

pracy doktorskiej pt.: „Fotokatalityczne powłoki półprzewodnikowe do zastosowań  
w medycynie i przemyśle spożywczym”

wykonanej przez mgr inż. **Rafała Sadowskiego**

*Promotor pracy: dr hab. Wojciech Macyk, prof. UJ*

### 1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzję, której przedmiotem jest rozprawa doktorska pt.: „Fotokatalityczne powłoki półprzewodnikowe do zastosowań w medycynie i przemyśle spożywczym” wykonano na zlecenie Dziekana Wydziału Chemii, zgodnie z Uchwałą Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, z dnia 31 marca 2015 roku, która powołała mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim **mgr inż. Rafała Sadowskiego**.

### 2. Zakres pracy

Recenzowana dysertacja obejmuje 107 stron i zawiera 48 rysunków, 15 tabel oraz bibliografię obejmującą 191 pozycji. Podział pracy jest klasyczny, z wyróżnioną częścią teoretyczną i doświadczalną. Rozprawa rozpoczyna się wprowadzeniem w którym

Doktorant definiuje motywację do podjęcia badań. Opracowanie teoretyczne przedstawione jest na 23 stronach (rozdziały od 1 do 3.6). Ta część napisana jest zwięźle i obejmuje zagadnienia ściśle związane z przedmiotem badań. Do przygotowania opracowania literaturowego wykorzystano 165 pozycji bibliograficznych, które w ponad 63% zostały opublikowane po 2005 roku, co pokazuje, że Doktorant na bieżąco śledzi literaturę przedmiotu. W tej części przedstawiono charakterystykę plazmy i ditlenku tytanu oraz sposoby modyfikacji powierzchni polimerów z ich wykorzystaniem. Omówiono również wpływ reaktywnych form tlenu na mikroorganizmy.

Część doświadczalną rozpoczyna jasno i wyraźnie postawiony cel pracy oraz omówienie zakresu badań prowadzących do jego osiągnięcia. W kolejnych rozdziałach części doświadczalnej, Autor opisuje wykorzystywane materiały, odczynniki oraz podłoża mikrobiologiczne. Omawia również szczegółowo procedury doświadczalne, wzbogacając ich opis schematami. Rozdział 5 obejmuje prezentację i analizę uzyskanych wyników oraz dyskusję dotyczącą możliwości aplikacyjnych otrzymanych powłok fotokatalitycznych. Najważniejsze spostrzeżenia i osiągnięcia Autora przedstawiono w zwięzłym podsumowaniu. Dodatkowo, na początku pracy Doktorant zamieścił wykaz skrótów stosowanych w tekście.

Dotychczasowy dorobek publikacyjny mgr inż. Rafała Sadowskiego umieszczono na końcu dysertacji.

### **3. Ocena pracy**

Praca wydrukowana jest niezwykle estetycznie i została zilustrowana starannie przygotowanymi rysunkami.

Rozprawa doktorska mgr inż. Rafała Sadowskiego dostarcza użytecznych informacji dotyczących użycia niskociśnieniowej plazmy tlenowej do modyfikacji foli polimerowych, immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu oraz sensybilizacji  $\text{TiO}_2$  za pomocą siedmiu, różnych związków organicznych. Autor określił również stopień fotoinaktywacji bakterii *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* na uzyskanych materiałach. Doktorant opracował własne metody otrzymywania fotoaktywnych powłok  $\text{TiO}_2$  na foliach polimerowych oraz zmodyfikował normę ISO (27447;2009), stosowaną do testowania antybakteryjnych właściwości powłok szklanych i ceramicznych, tak by mogła znaleźć zastosowanie dla uzyskanych produktów finalnych. Ponadto Autor przedstawił szczegółową

charakterystykę sporządzonych materiałów, wskazując tym samym na uniwersalność i różnorodność aplikacyjną zarówno niskotemperaturowej plazmy jak i tlenku tytanu(IV).

Za szczególne osiągnięcia Doktoranta uważam opracowanie nowatorskich materiałów polimerowych o dużym potencjale aplikacyjnym, czego dowodem są aż trzy zgłoszenia patentowe wraz z rozszerzeniem zagranicznym oraz udokumentowana współpraca z dwoma firmami – BOLARUS S.A. (Bochnia) i SPLAST sp. z o.o (Jedlicze). Otrzymane przez pana mgr inż. Rafała Sadowskiego wyniki prac badawczych prowadzonych w skali laboratoryjnej, stanowią obiecującą przesłankę do praktycznego wykorzystania różnorodnych materiałów samoczyszczących oraz tzw. aktywnych opakowań do przechowywania żywności.

Podsumowując, należy stwierdzić, iż recenzowana rozprawa stanowi przykład bardzo dobrze i szeroko zaplanowanych badań, obejmujących poprawne przygotowanie eksperymentów, ich przeprowadzenie, jak i pogłębioną interpretację wyników. Doktorant osiągnął wytyczony cel badawczy, a z przedstawionej do recenzji rozprawy, przebija jego ogromne zaangażowanie w przeprowadzane eksperymenty.

#### **4. Uwagi krytyczne**

Zasadnicze uwagi krytyczne związane są częścią poznawczą prowadzonych przez mgr inż. Rafała Sadowskiego badań. W szczególności dotyczą one braku informacji czym kierował się Autor wybierając jako modyfikatory powłok  $TiO_2$ : katechol, 2,3-naftalenodiol, pirogalol (1,2,3-trihydroksybenzen), kwas salicylowy (kwas-o-hydrosybenzoesowy), kwas galusowy (kwas 3,4,5-trihydroksybenzoesowy), kwas askorbinowy (2,3-didehydro-L-treo-heksono-1,4-lakton) i rutynę? Jest to o tyle interesujące, że na podstawie widm absorpcyjnych zamieszczonych w rozdziale 5.3 (rysunek 34 a, c, e), większość użytych roztworów (poza rutyną) charakteryzuje absorpcja w zakresie światła ultrafioletowego. A jak wiadomo celem pracy było uzyskanie powłok fotoaktywnych w zakresie światła widzialnego.

Sformułowanie „toksyczność światła”, zwłaszcza w odniesieniu do światła widzialnego emitowanego przed diodę LED (strona 83, wiersz 6 od góry str.), wydaje mi się niefortunne. I chociaż Autor używa je powołując się na literaturę, to jednak brakuje stosownego odnośnika. Z tego powodu, proszę Doktoranta o wyjaśnienie w czasie obrony

następującej kwestii: czy światło może być toksyczne, czy raczej szkodliwe dla organizmów? Kontynuując ten wątek, chciałabym zwrócić uwagę Doktoranta na precyzyjniejsze definiowanie rodzaju światła UV, używanego do fotoaktywacji bakterii (rozdział 5.4.1). Jest to bardzo istotne. Lampy bakteriobójcze, stosowane do dezynfekcji powierzchni m.in. w szpitalach, to najczęściej promienniki UV-C ( $\lambda=100-280\text{nm}$ ), natomiast lampy używane do fotoaktywacji ditlenku tytanu to promienniki UV-A ( $\lambda=315-400\text{nm}$ ).

Dysertacja mgr inż. Rafała Sadowskiego została napisana poprawnym językiem, a pewna ilość błędów głównie stylistycznych, typograficznych i interpunkcyjnych, które można znaleźć w pracy, jest znacznie poniżej przeciętnej, spotykanej przy tego typu rozprawach. Pomimo to, chciałbym zachęcić Doktoranta do jeszcze większego pietyzmu przy składaniu tekstów kolejnych opracowań. Może to zrobić eliminując błędy, które w typografii nazywa się: bękartami, wdowami lub sierotami. W niektórych przypadkach mogą one wybić czytelnika z rytmu czytania i spowodować odwrócenie jego uwagi od interesujących wyników.

W przeważającej części pracy, Doktorant dla ditlenku tytanu używa nazwy Stocka – tlenek tytanu(IV) lub wzoru sumarycznego ( $\text{TiO}_2$ ), ale na stronach 39 (wiersz 5 i 10 od dołu str.), 91(wiersz 2 od góry str., 11 od dołu str.) i 92 (wiersz 2 od góry str.) pojawiła się niezgodna z nomenklaturą Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej nazwa – dwutlenek tytanu.

Zestawienie drobniejszych uwag o charakterze redakcyjnym zamieszczam poniżej (nie będę tej listy odczytywała).

Str. 34, podpis pod rysunkiem 6, jest zielony, powinno być zielony;

Str. 36-37, rysunek 9 powinien być umieszczony na stronie 37 (a jest na 38);

Str. 38, reakcja 38, brak nazwy enzymu nad strzałką;

Str. 59 i 61, jest rys. powinno być rysunek;

Str. 85, wiersz 2 od dołu, jest: wrażliwość szczepów, powinno być gatunków;

Str. 94, pozycja 18, brak daty publikacji.

Str. 94–103, Autor niekonsekwentnie stosuje: a) pełne nazwy czasopism lub ich skróty, b) duże litery w tytułach cytowanych pozycji, c) wzory sumaryczne związków chemicznych.

Tak niewielka ilość uwag, przy tak szerokim zakresie badań prowadzonych przez Doktoranta, potwierdza tylko moją wysoką ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej.

## 5. Ocena dorobku naukowego Doktoranta

Dorobek naukowy mgr inż. Rafała Sadowskiego to 2 publikacje z Listy Filadelfijskiej (łącznie IF = 6,997), 2 publikacje pełnotekstowe oraz 9 doniesień (komunikaty ustne i postery) prezentowane podczas konferencji krajowych i zagranicznych. Ponadto Doktorant zgłosił 3 patenty, z których 2 uzyskały rozszerzenia zagraniczne.

## 6. Wniosek końcowy

Wszystkie zamieszczone powyżej uwagi krytyczne i redakcyjne poczyniono z obowiązku recenzenta. W najmniejszym stopniu nie podważają one wartości poznawczej i naukowej rozprawy. Praca mgr inż. Rafała Sadowskiego ma charakter **nowatorski**. Zarówno otrzymane przez Doktoranta wyniki jak i wyciągnięte na ich podstawie wnioski uważam za interesujące i wartościowe.

W mojej opinii, przedłożona do oceny dysertacja **spełnia wymagania stawiane** przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595, z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Wydziału Chemii, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Rafała Sadowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

*Abe Mabe Super*