UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU
Wydział Chemii
Zakład Chemii Stosowanej

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Machałowskiego

p.t.: „*Naturally formed chitin-based scaffolds: characterization, functionalization, and practical utility*"

przygotowanej w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej pod kierunkiem prof. dr hab. Teofila Jesionowskiego oraz profesora Hermanna Ehrlicha

Chemia materiałowa, w szczególności ta związana z biomateriałami, jest bardzo dynamicznie rozwijającą się specjalnością naukową, a prowadzone badania w jej zakresie mają multi- oraz interdyscyplinarny charakter i obejmują aspekty takie jak strukturę, właściwości, technologię syntezy i potencjalne zastosowanie nowych materiałów. Duża aplikacyjność otrzymanych danych wyjściowych powoduję, że są one niezmiernie ważne dla funkcjonowania człowieka i pozwalają wprowadzać rzeczywiste usprawnienia. W szczególności projektowanie innowacyjnych biomateriałów jest wyzwaniem we współczesnej chemii materiałowej. W tym kontekście biomimetyka, polegająca na naśladowaniu natury, reprezentuje obecnie jedno z najbardziej obiecujących podejść w otrzymywaniu zaawansowanych materiałów, w tym (nano)biomateriałów. Badania w tym zakresie prowadzą do nowych odkryć, a także oferują innowacyjne rozwiązania technologiczne, które docelowo mają poprawić jakość oraz długość naszego życia. Szczególnego znaczenia w tym obszarze nabierają procesy biomineralizacji. Biokompatybilność, wysoka porowatość i powierzchnia właściwa oraz zrównoważone podejście do bezpieczeństwa ekologicznego tychże materiałów biologicznych predysponują je do stania się realną konkurencją dla materiałów otrzymanych wyłącznie na drodze syntetycznej. Chityna jest jednym z najbardziej obiecujących materiałów a jej niesamowita strategia biosyntezy powoduje, że chitynę można znaleźć w ponad 70% wszystkich żywych organizmów na świecie. W tym miejscu należy dodać tzw. łyżkę dziegciu, gdyż trudności w przetwarzaniu i wykorzystaniu chityny, jak choćby jej nierozpuszczalność, sprawiają, że jej zastosowanie jest w dużym stopniu ograniczone. Hipoteza badawcza przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej zakłada wykorzystanie alternatywnych źródeł

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, Collegium Chemicum, 61-614 Poznań
NIP 777 00 06 350, REGON 00001293
nowakiza@amu.edu.pl
te. 61 829 1580
www.chemia.amu.edu.pl

chityny, takich jak szkielety gąbek morskich rzędu *Verongida* czy powstałe w procesie linienia naskórki pająków z rodziny *Theraphosidae*, co pozwoliło na uzyskanie funkcjonalnych trójwymiarowych rusztowań o unikalnym kształcie i właściwościach predysponujących je do przygotowania biomateriałów do zastosowań w inżynierii tkankowej i ochronie środowiska. Dodatkowa funkcjonalizacja powierzchniowa wybranych matryc strukturalnych zwiększyła ich właściwości antybakteryjne oraz poprawiła biointegrację z komórkami ludzkimi.

Recenzowana praca doktorska leży w zakresie badań prowadzonych przez grupę badawczą promotorów pracy. Niniejszą pracę wykonano w ramach projektu *Research Grant for Doctoral Candidates and Young Academics and Scientists 2019/2020, from Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) German Academic Exchange Service, projektu* oraz POWR.03.02.00-00-I011/16 (Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie NanoBioTech, tworzone w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, Działanie 3.2 Studia doktoranckie) Wyżej wymieniony fakty pozwalają na pozytywną ocenę ważności tematyki pracy.

Oceniana dysertacja stanowi zwarte opracowanie napisane w języku angielskim, podzielone na kilka części i skonstruowane w taki sposób, aby spełnić wymagane przepisy. Część pierwsza to 49 stronicowa część literaturowa, w której przedstawione zostały informacje na temat aktualnego stanu wiedzy z zakresu badanej tematyki, ponadto charakteryzowano problem badawczy, który został obrany jako nadrzędny cel badań (2 strony). Następnie omówiono krótko najważniejsze zadania, czy opracowania metodyki badań – ta część zajmuje 26 stron. W dalszej części opisano wyniki badań – 89 stron. Całość spinają wnioski i w pewnej formie także przewidywania co do przyszłości badań będących przedmiotem niniejszej dysertacji (3 strony). Do tego należy dodać inne podrozdziały uzupełniające główne: bibliografię (408 pozycji) oraz abstrakty w języku polskim i angielskim. Opracowanie zawiera również wykaz dorobku naukowego Doktoranta (listę 18 publikacji, wykaz odbytych staży i zaprezentowanych komunikatów na konferencjach).

W części literaturowej opisano zagadnienia związane z biomimetyką, a także źródła i właściwości chityny. Rozdział ten zawiera wiele interesujących informacji bogato ilustrowanych, przedstawionych w uporządkowany sposób, co sprawia, że nawet drobne nieścisłości stają się widoczne. Prosiłabym o wyjaśnienie dlaczego nie opisano rysu historycznego rozwoju biomimetyki (wkład Johna Keto, czy Jacka Steela). Z kolei na rys. 1 podano, jako przykład architektury biomimetycznej w środowisku zrównoważonym *Gardens by the Bay* w Singapurze. Czy Polska nie może się poszczycić osiągnięciami w tym zakresie, a polscy architekci nie wygrywają konkursów w tejże tematyce? Następnie, w sposób przejrzysty przedstawiono cel pracy wraz z zadaniami badawczymi. Z obowiązku recenzenta należy wskazać, że w celu pracy zastosowano akronimy, które zostały wyjaśnione dopiero w metodologii, w której omówiono wszystkie stosowane techniki wraz z szerokim opisem wielu badań, które prowadzono we współpracy, co oczywiście jest naturalne przy tak multi-

i interdyscyplinarnych zagadnieniach. Tematyka rozprawy jest niezwykle aktualna, i to w wymiarze ogólnoświatowym, a Doktorant wykazał się dużą umiejętnością prowadzenia złożonych i wielokierunkowych badań (także we współpracy z innymi osobami), co w efekcie pozwoliło na uzyskanie ważnych, z naukowego punktu widzenia, korelacji, a także ważnych uogólnień. W odniesieniu do wspomnianego wcześniej planu pracy na uwagę zasługuje także przemyślane wskazanie sekwencji testów i technik, których wyniki dostarczają co najmniej kilku jakościowych parametrów badanych biomateriałów. Takie zestawienie działań świadczy o racjonalnym wykorzystaniu dostępnego zaplecza aparaturowego i wyznacza pewien standard badań przekraczający wymagania stosownych norm, co należy z aprobatą zaznaczyć.

Do najważniejszych osiągnieć cyklu prac zaliczyć można:

- ✓ w przypadku rusztowań chitynowych otrzymywanych z gąbek morskich z rodzaju *Verongida* opracowanie metodyki mikrotomografii komputerowej (μCT) w zanurzeniu, co pozwoliło na charakterystykę w warunkach naturalnych. Ponadto, wykazano, że metoda mikrofalowego roztwarzania materiału źródłowego nie ma negatywnego wpływu na strukturę chemiczną chityny;
- ✓ opracowanie metodyki pozyskiwania czystej matrycy chitynowej, wyizolowanej z gąbki morskiej *A. fistularis,* jako rusztowania do hodowli komórek skórnych keratynocytów i fibroblastów;
- ✓ wykazanie możliwości regeneracji uszkodzeń naturalnie uformowanych rusztowań chitynowych zbiomineralizowanych *ex-vivo* poprzez przeniesienie (adoptowanie) mechanizmu (procesu) regeneracji muszli ślimaka *C. aspersum* na zewnętrzną matrycę chitynową;
- ✓ ukazanie potencjału układu chityna–immobilizowana lakaza do usuwania tetracykliny z roztworów wodnych;
- ✓ określenie właściwości antybakteryjnych wobec szczepów *E. coli* i *B. subtilis* kompozytu chityna-Ag/AgBr. Przeprowadzone badania wykazały, że 100% bakterii E. coli zostało zdezaktywowanych po 6 h eksperymentu;
- ✓ opracowanie po raz pierwszy metody produkcji α-chityny otrzymanej z wylinki pająków oraz testów aplikacyjnych dla inżynierii tkankowej, tj. jako rusztowania do hodowli kardiomiocytów ludzkich;
- ✓ ocena potencjalnego wykorzystania chityny z wylinki pajęczej jako adsorbentu wobec zanieczyszczeń ropy naftowej (pojemność sorpcyjna wyniosła 16,6 g/g).

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, Collegium Chemicum, 61-614 Poznań
NIP 777 00 06 350, REGON 00001293
nowakiza@amu.edu.pl
te. 61 829 1580
www.chemia.amu.edu.pl

W tym miejscu chciałabym się zapytać o możliwość komercjalizacji niektórych wyników badań, np. dostępność wylinki pajęczej (pojemność sorpcyjna względem ropy naftowej - 16,6 g/g w porównaniu do odpadów kokonów jedwabników (37-52 g/g)). W niektórych miejscach zabrakło mi także błędów, np. prezentowane wyniki na rys. 64 pochodzą z 200 pomiarów, czy także szczegółów dotyczących wybrania niektórych metod, np. dlaczego wybrano lakazę do immobilizacji na rusztowania chitynowe w celu poprawy efektywności usuwania tetracykliny z roztworów wodnych?

Z obowiązku recenzenta należy wskazać także drobne nieścisłości, np. w tabeli 8, str. 87 nie zamieszczono rozkładu rozmiaru porów a jedynie zakres rozmiaru porów. Proszę o podanie błędu w wyliczeniach rozmiaru porów techniką mikroskopową (tab. 9) oraz dokładności prezentowanych liczb (skala na zdjęciach to w najlepszym przypadku 10 μm). Jakie informacje zamierzał Autor osiągnąć z wykorzystaniem techniki XPS, która została zaproponowana na str. 117, ale jej nie przeprowadzono?

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Machałowskiego chciałabym stwierdzić, że tematyka podjętych badań jest oryginalna i cechuje ją interdyscyplinarny charakter. Recenzowana rozprawa ma charakter zarówno badań podstawowych, jak i stosowanych o szerokim zakresie i otrzymane przez Doktoranta wyniki mogą znaleźć m.in. zastosowanie w urządzeniach typu antybakteryjny filtr do oczyszczania wody czy adsorbenty do usuwania wielu szkodliwych związków. Analiza danych przeprowadzonych doświadczeń dostarcza nowych informacji, wskazując równocześnie na integralność metodologii nauk chemicznych i inżynierii chemicznej w zakresie realizowanych zadań badawczych. Ponadto logiczny tok narracji dysertacji sprzyjają śledzeniu poszczególnych wątków opisywanych przez Autora. Pan mgr inż. Tomasz Machałowskiego napisał pracę w bardzo dobrym stylu, jednakże nie uniknął błędów językowych, (np. na str.116 „These results corresponding to a shrunk lattice."....czy dalej „chitinous matrix probably affect $CaCO_3$ polymorph nature").

Pragnę też zaznaczyć, że komentowane kwestie i prośby o ich wyjaśnienie nie rzutują na moją jednoznacznie pozytywną i bardzo wysoką ocenę rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Machałowskiego, mogą natomiast stać się elementami dyskusji naukowej. Recenzowana rozprawa reprezentuje bardzo dobry poziom naukowy.

Uznając walory merytoryczne ocenianej rozprawy, jako spełniające formalne i zwyczajowe wymagania stawiane dysertacjom doktorskim stwierdzam, że w moim przekonaniu niniejsza rozprawa spełnia warunki ujęte w art. 13 pkt.1 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789), jak również stosowne zapisy ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018r. poz. 1668).

UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU
Wydział Chemii
Zakład Chemii Stosowanej

Wnoszę zatem do Wysokiej Rady Dyscypliny Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Tomasza Machałowskiego, do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim. Biorąc pod uwagę wymagania stawiane tego typu rozprawom z pełnym przekonaniem wnoszę do Rady o jej wyróżnienie.

Prof. dr hab. Izabela Nowak

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, Collegium Chemicum, 61-614 Poznań
NIP 777 00 06 350, REGON 00001293
nowakiza@amu.edu.pl
te. 61 829 1580
www.chemia.amu.edu.pl