



Zachodniopomorski
Uniwersytet
Technologiczny
w Szczecinie



Katedra
Inżynierii Polimerów
i Biomateriałów

Al. Piastów 45, 71-311 Szczecin

prof. dr hab. inż. Mirosława El Fray,
członek korespondent PAN

tel: (+48) 91 499 48 28

fax: (+48) 91 499 40 98

Email: mirfray@zut.edu.pl

Ocena pracy doktorskiej Pani **mgr Izabela Dziedzic**

pt.: „**Wytwarzanie i charakterystyka trójwymiarowych
konstruktów chitynowo-chitozanowych**”

zrealizowanej pod kierunkiem promotora:
prof. dr hab. Hermann Ehrlich

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Nauki
Chemiczne UAM z dnia 20 lutego 2026 r.

Przedstawiona do oceny praca doktorska ma tradycyjny układ rozprawy o objętości 207 stron, składającej się z dziewięciu rozdziałów, podzielonych na wprowadzenie, tezę i cel pracy, omówienie materiałów i metod oraz wyników i dyskusji. Pracę zamyka podsumowanie i perspektywy oraz bibliografia, w której znalazło się 541 odnośników literaturowych. Doktorantka zamieściła również informację o swoim dorobku naukowym, na który składa się sześć opublikowanych prac, spośród których w czterech jest pierwszym współautorem. Praca zawiera również obowiązkowe streszczenie w j. polskim i angielskim. Praca została zrealizowana w ramach projektu OPUS 19 finansowanego ze środków Narodowego centrum Nauki, którego kierownikiem był promotor Doktorantki, prof. dr hab. Hermann Ehrlich.

Problematyka badawcza i aktualność tematu pracy

Praca dotyczy badań nad możliwością modyfikacji chemicznej oraz wykorzystania gąbek morskich jako trójwymiarowych struktur (skafoldów) chitynowo-chitozanowych jako materiałów funkcjonalnych, w tym nośników środków antyseptycznych.

Przeprowadzony przez Doktorantkę przegląd literatury wskazuje na interesujące właściwości gąbek jako naturalnych, trójwymiarowych struktur o wysoko rozwiniętej powierzchni wewnętrznej i niezwykłych właściwościach. Wynikają one nie tylko z obecności szkieletu krzemionkowo/wapniowego, ale przede wszystkim z obecności chityny w ich strukturze. Chityna jest naturalnym polisacharydem, który dzięki obecności grup N-acetyloaminowych może być poddawany modyfikacji do chitozanu, który wykazuje właściwości błono- i włóknotwórcze, a przede wszystkim korzystne właściwości biologiczne, w tym działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, a nawet przeciwnowotworowe. Ten szereg zalet sprawia, że polimery te są przetwarzane do różnych form, od materiałów opatrunkowych, po nośniki leków i funkcjonalne powłoki na implantach.

Kluczowym aspektem wykorzystania chityny jest sposób jej izolacji, który na przestrzeni ostatnich kilku dekad stał się już procesem przemysłowym prowadzonym z wykorzystaniem metod chemicznych lub biologicznych. Nie powstrzymuje to jednak badań na doskonaleniu i testowaniu nowych metod, takich jak metody elektrochemiczne lub wykorzystujące „zielone” rozpuszczalniki, w tym ciecze głęboko eutektyczne i ciecze jonowe. Na tym tle pojawiła się również metoda opracowana przez prof. Ehrlicha, promotora Doktorantki, wykorzystująca odwapnianie i odsiarczanie jako kluczowe etapy procesu demineralizacji gąbek. Metoda, choć skuteczna, jest długotrwała (proces trwa 7 dni), dlatego ulepszeniem tej metody jest zastosowanie promieniowania mikrofalowego w połączeniu z obróbką chemiczną.

Duże zainteresowanie budową przestrzenną gąbek wzbudza inżynieria tkankowa, która łącząc materię żywą (komórki) z nieżywą (materiały porowate) prowadzi do osadzania komórek na podłożach i ich różnicowania się do tkanek. W dokonanym przez Doktorantkę przeglądzie literaturowym można znaleźć liczne przykłady chitynowych skafoldów pozyskanych z różnych rodzajów gąbek, na których z sukcesem hodowano komórki chondrocytów, fibroblastów, osteoblastów czy mezenchymalnych komórek macierzystych. Nie mniej interesujące są kierunki zastosowań gąbek jako absorbentów metali ciężkich, w tym np. uranu.

Doktorantka przedstawiła również najistotniejsze informacje dotyczące otrzymywania chitozanu, pochodnej chityny, którą najczęściej otrzymuje się przez deacetylację chityny metodą chemiczną lub enzymatyczną.

Dokonany przez Doktorantkę przegląd literatury potwierdził, że istnieje wciąż luka w badaniach nad doskonaleniem metod izolacji chityny z gąbek, którą może zapełnić opracowanie metody chemicznej wspomaganej ultradźwiękami. Doktorantka postawiła sobie również za cel opracowanie metody rozpuszczania skafoldów chitynowych z gąbek oraz zbadanie możliwości wykorzystania matryc chitynowych z gąbki *Ianthella basta* jako nośników środków antyseptycznych.

Podsumowując, tematyka badawcza zaproponowana przez doktorantkę jest aktualna, wpisuje się w obszar poszukiwań nowych materiałów i opracowywania skutecznych metod ich modyfikacji chemicznej.

Analiza doboru metodyk badawczych i technik eksperymentalnych

Doktorantka przeprowadziła obszerny program badawczy, poczynając od izolacji chityny z badanych gąbek (*Aplysina aerophoba* i *Ianthella basta*) i ich oczyszczania z bromotyrozyny, a następnie wytworzenia kompozytów chitynowo-chitozanowych oraz ich liofilizację. Doktorantka w swoich badaniach zastosowała wspomaganą ultradźwiękami metodę izolacji i obróbki chemicznej chitozanu. W celu identyfikacji otrzymanych polimerów zastosowała nowoczesną i adekwatną do zakresu prac aparaturę badawczą, w tym przede wszystkim spektroskopię w podczerwieni (ATR-FT IR), mikroskopię optyczną, fluorescencyjną i skaningową mikroskopię elektronową (SEM) oraz dyfrakcję rentgenowską (XRD). Przeprowadziła badania potencjału zeta na podstawie pomiarów elektroosmotycznych oraz testy mechaniczne jednoosiowego ściskania oraz nanoindentacji. Doktorantka przeprowadziła też testy aktywności przeciwdrobnoustrojowej z wykorzystaniem klinicznie wyizolowanych szczepów bakterii. Dobór metod badawczych jest trafny i zdecydowanie adekwatny do zakresu i przedmiotu prac eksperymentalnych, które Doktorantka przeprowadziła z dużą starannością i dbałością o szczegółowy opis przeprowadzonych procedur.

Analiza wyników przeprowadzonych badań i elementy nowości w pracy

Rozprawa doktorska Pani mgr Dziejcz dotyczy zagadnień modyfikacji struktur przestrzennych pozyskiwanych z gąbek morskich w celu uzyskania kompozytów chitynowo-chitozanowych. Poszczególne etapy prac badawczych zostały podsumowane w czterech rozdziałach, z których każdy zawiera wyniki i wnioski. Interesującym rozdziałem jest dokonanie analizy istniejących patentów z tematyki dotyczącej chityny i chitozanu, które zostały udzielone lub zgłoszone do ochrony w latach 1990-2023. Uzyskane wyniki prac badawczych zostały również opublikowane w dwóch pracach w czasopiśmie *Marine Drugs* (2023) oraz w czasopiśmie *Polysaccharides* (2024) i *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* (2024).

Nowatorskim osiągnięciem doktorantki jest bez wątpienia przeprowadzenie preparatyki gąbek morskich w taki sposób, aby otrzymać trójwymiarowe struktury chitynowo-chitozanowe zachowujące rozmiar i morfologię pierwotnego szkieletu gąbki *A. aerophoba* oraz *I. basta*. Dzięki zastosowaniu metody selektywnej deacetylacji wspomaganą ultradźwiękami, doktorantka otrzymała struktury kompozytowe, w których szkielet stanowił chitynowy rdzeń, a powłokę chitozan. Kolejnym celem, jaki doktorantka osiągnęła zgodnie z założeniami pracy było wykazanie przydatności chitozanowej matrycy z gąbki *I. basta* jako skutecznego nośnika związków antyseptycznych. Próba wyznaczenia korelacji pomiędzy zdolnością do adsorpcji i pęcznienia matrycy chitozanowej a budową chemiczną i stężeniem badanych antyseptyków dostarczyła nowej wiedzy i wskazała na możliwość rozszerzenia zastosowania uzyskanych struktur w systemach kontrolowanego uwalniania leków. Doktorantka przeprowadziła również pionierską w swoim charakterze próbę rozpuszczenia chitoznu z gąbki *A. aerophoba* w 1% roztworze wodorotlenku litu, biorąc pod uwagę ograniczoną rozpuszczalność tego naturalnego polimeru w wielu rozpuszczalnikach. Zastosowanie LiOH pozwoliło na amorfizację chityny bez zmiany jej

struktury (α -chityny). Ważnym osiągnięciem w zrealizowanych pracach badawczych było zbadanie właściwości gąbek morskich (poszerzono przedmiot badań o gąbki *A. fistularis*, *Dendrilla sp.*, *A. archeri*) zawierających bromotyrozyny. Badania wykazały, że usunięcie tych związków prowadzi do obniżenia modułu sprężystości przy jednoczesnym zachowaniu twardości materiału. Tym samym, doktorantka potwierdziła postawioną tezę o wpływie opracowanej metody modyfikacji gąbek na poprawę właściwości mechanicznych bez utraty unikatowej struktury szkieletowej.

Podsumowując ten aspekt rozprawy doktorskiej należy podkreślić, że Doktorantka wykazała się dużą umiejętnością dogłębnej analizy wyników przeprowadzonych badań, bardzo obszernej dyskusji i prawidłowego wnioskowania.

Uwagi dyskusyjne

Rozprawa doktorska Pani mgr Izabeli Dziejdzic została napisana w tradycyjnym układzie jako rozprawa obejmująca 207 stron. Szata graficzna opracowania jest przejrzysta, jednak Doktorantka w wielu miejscach stosuje niezbyt fortunnie brzmiące spolszczone nazwy takie jak „konstrukt” czyli w kontekście pracy „szkielet”, lub „patentologia”, który to termin w j. angielskim funkcjonuje jako „patentology”, natomiast nie ma on odpowiednika w j. polskim, gdyż generalnie ochrona własności intelektualnej, w tym patentów, nie stanowi obszaru nauki sama w sobie. Zaobserwowana ciekawa zależność spadku liczby patentów od 2016 r. wynika w dużą dozę prawdopodobieństwa z braku kontynuacji utrzymywania ochrony patentowej, która wygasa zazwyczaj po 20 latach. Niezbyt fortunne jest również sformułowanie (str. 144), że „komercjalizacja badań nad chitozanem jest również siłą napędową jego patentologii” – raczej należy tu mówić o „zdolności do patentowania”.

W pracy znalazło się też szereg innych, drobnych błędów i nieścisłości, gdzie powinno być, np.:

Str. 59 – „transformatą” zamiast „transformacją”,

Str. 62 – „jednoosiowy test ściskania” zamiast „monotoniczny test ściskania”,

Str. 64 – „stopień” acetylacji zamiast „poziom acetylacji”,

Str. 69 – „wodnych roztworach kwasów” zamiast „kwasach wodnych”,

Str. 126 – „skuteczność przeciwdrobnoustrojową” zamiast „skuteczność antybiotyczną”.

Na str. 84 doktorantka opisuje, że „Rys. 6.11a przedstawia zmierzony potencjał zeta dla próbek chityny (pomarańczowe słupki) i chitozanu (niebieskie słupki)”, podczas gdy na rysunku 6.11a podpisy i kolory pod rysunkiem wskazują na zupełnie inną prezentację wyników.

Na str. 74–76 doktorantka przedstawia widma transmitancji badanych pochodnych chityny i chitozanu porównując je do wzorca chitynowego i chitozanowego. Jaką charakterystykę miały zastosowane wzorce?

Podsumowując stwierdzam, że nie wnoszę zasadniczych uwag do interpretacji wyników i sposobu przeprowadzenia badań, a przytoczone uwagi nie umniejszają doniosłości osiągnięć przedstawionych w pracy doktorskiej.

Wnioski końcowe

Przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr Izabeli Dzedzic dostarczyła nowych wyników badań nad modyfikacją chemiczną szkieletów gąbek morskich w kierunku wytworzenia kompozytów chitynowo-chitozanowych. Praca stanowi interesujące opracowanie poznawcze dotyczące wykorzystania metod chemicznej modyfikacji wspomaganej ultradźwiękami w celu wypreparowania szkieletów z gąbek morskich jako potencjalnych skafoldów do zastosowań medycznych. Doktorantka wykazała, że poprzez odpowiednio zaprojektowany proces modyfikacji można uzyskać struktury o niezmienionej architekturze szkieletów gąbek przy poprawionych właściwościach mechanicznych.

Warto podkreślić, że Kandydatka do stopnia doktora jest współautorką 6 artykułów opublikowanych w indeksowanych czasopismach, będąc w 4 z nich pierwszym Autorem. Doktorantka brała udział w 5 konferencjach naukowych, w tym 3 o zasięgu międzynarodowym zdobywając dwa wyróżnienia.

Biorąc pod uwagę osiągnięte wyniki i sposób ich interpretacji, stwierdzam iż przedłożona do recenzji praca doktorska mgr Izabeli Dzedzic spełnia warunki przewidziane ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (art. 187). Dlatego wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pani mgr Izabeli Dzedzic do dalszych etapów przewodu doktorskiego oraz do publicznej obrony.

Szczecin, 12.05.2026 r.



