

Warszawa 30.04.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Kingi Halickiej-Stępień pt.
*„Wytwarzanie elektroprzędzonych włókien polimerowych do zastosowania w
biosensoryce i fotonice”*

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Kingi Halickiej-Stępień, zatytułowana „Wytwarzanie elektroprzędzonych włókien polimerowych do zastosowań w biosensoryce i fotonice” została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Joanny Cabaj na Politechnice Wrocławskiej.

Praca ma 153 strony i jest poświęcona badaniom nad wykorzystanie techniki elektroprzędzenia roztworów polimerowych w celu wytworzenia mikro- i nanowłókien polimerowych. Celem pracy było również przeprowadzenie badań nad modyfikacją otrzymanych mikro- i nanowłókien przez domieszkowanie roztworów wyjściowych oraz immobilizację cząsteczek biologicznych na powierzchni włókien, w celu uzyskania pożądaných aplikacyjnie właściwości materiałów dla fotoniki i biosensoryki.

Rozprawa ma klasyczny układ, rozpoczyna się od 36 stronicowego wstępu, którego najważniejszą częścią jest przegląd literatury opisujący różne rodzaje włókien polimerowych uzyskiwane techniką elektroprzędzenia, jak również syntetyczne polimery wykorzystywane w elektroprzędzeniu istotne z punktu widzenia pracy; modyfikacje włókien polimerowych, metody ich charakteryzacji oraz zastosowania. Już sam wstęp pokazuje bardzo wysoki poziom wykonanej pracy. Często mam do czynienia z pracami pisanymi w dużym pośpiechu gdzie jednym z głównych czynników mający wpływ na jakość pracy jest potrzeba nadążenia z terminem aplikacji na staże podoktorskie lub złożenia wniosków grantowych. Ku mojej niewątpliwej radości jako recenzenta, z takim przypadkiem nie mam do czynienia w przypadku abiturientki. 36-stronicowy wstęp został napisany tak dobrze że moim zdaniem mógłby służyć jako wstęp do podręcznika. Brak błędów stylistycznych literówek, nieścisłości, z tekstu przebija umiejętność dokładnego

formułowania myśli oraz zachowanie doskonałej równowagi pomiędzy skrótami myślowymi a ilością tekstu niezbędną do czytania ze zrozumieniem. Już sam fakt że z trudem w całym wstępie udało mi się znaleźć dwie nieścisłości, przy moim dwudziestoletnim doświadczeniu w pracy z elektroprzędzeniem oraz ponadtrzydziestoletnim doświadczeniem w chemii polimerów świadczy o bardzo wysokim poziomie przedstawionej pracy.

Pierwszym celem badawczym było wytworzenie nowych materiałów o wielowarstwowej strukturze na podstawie domieszkowanych barwnikami fluorescencyjnymi elektroprzędzonych mikro- i nanowłókien. Materiały te były badane w kierunku potencjału uzyskania białego światła laserowego.

Drugi cel badawczy obejmował wykorzystanie elektroprzędzonych włókien domieszkowanych nowo syntezowanymi związkami organicznymi oraz enzymem do budowy układów detekcyjnych w diagnostyce klinicznej. Nowo wytworzone materiały miały posłużyć do detekcji neuroprzekaźnika – dopaminy.

Obydwa cele badawcze realizowane były w jednolitym programie mającym na za zadanie optymalizację wytworzenia materiałów mikro- i nanowłóknistych. Uzyskanie pożądanых materiałów w ogólnych warunkach prowadziło najpierw do realizacji pierwszego, a następnie drugiego celu badawczego. Badania zostały prawidłowo zaplanowane, szansę potencjalnego sukcesu podniesiono przez przeprowadzenie dużej ilości eksperymentów mających na celu znalezienie optymalnych warunków do tworzenia mat z mikro- i nanowłókien o pożądanых właściwościach.

Przeprowadzona w pierwszym rozdziale części eksperymentalnej optymalizacja startująca z trzech różnych polimerów dobrze świadczy o umiejętności abiturientki do poruszania się w gąszczu parametrów związanych z elektroprzędzeniem, a wykonanie dużej ilości eksperymentów pokazuje świadomość złożoności problemu. Po znalezieniu właściwych parametrów prowadzenia procesu oraz selekcji odpowiednich polimerów abiturientka skupiła się na domieszkowaniu roztworów polimerów wybranymi barwnikami fluorescencyjnymi w celu otrzymania właściwej struktury. Tu również niezbędna była optymalizacja parametrów prowadzenia procesu. Abiturientka wykazała że dodatek barwników nie zmieniał w istotny sposób parametrów prowadzenia procesu, co nie było oczywistym wnioskiem. Zgodnie z sekwencją prowadzenia eksperymentów abiturientka przeprowadziła badania nad możliwościami użycia domieszkowanych barwnikami włókien

do utworzenia dwu- i trójwarstwowych mat o pożądanych właściwościach oraz potencjalnej możliwości zastosowania do tworzenia białego światła laserowego.

W drugiej części doświadczeń opisanych w trzecim rozdziale pracy abiturientka wykorzystwała jedną z wcześniej utworzonych, domieszkowanych mat, do powierzchniowej immobilizacji enzymu – lakazy. Zbadła następnie potencjał aplikacyjny tak utworzonych mat w celu analizy zawartości dopaminy w płynach ustrojowych. Nie tylko przeprowadziła analizę limitu detekcji, limitu oznaczalności i zakresu liniowości oznaczenia badanego hormonu/neuroprzekaźnika ale, (za co należą się szczególne brawa!), przeprowadziła badania z użyciem substancji które potencjalnie mogłyby interferować w tym oznaczeniu, wskazując również wysoką selektywność analityczną utworzonego materiału.

Zarówno opisanie dużej ilości wytworzonych próbek (205 sztuk) z których większość nie pozwoliła na uzyskanie pożądaných efektów, jak i przedstawienie wyników których produkt końcowy nie miał oczekiwanych właściwości, ma bardzo ważny charakter edukacyjny. Adeptci kierunku elektroprzędzenia na podstawie przedstawionej pracy mogą zapoznać się z pełną ścieżką postępowania dążącego do uzyskania określonych wyników, mając świadomość ryzyka badawczego związanego z nieuzyskaniem planowanych efektów. Na uwagę zasługuje zarówno wykonanie pracy w powiązaniu z realizowanym projektem OPUS i nawiązanie do priorytetowych technologii wskazanych w Forsighcie technologicznym 2030 Ministerstwa Rozwoju i Technologii Rzeczypospolitej Polskiej, jak również realizacja pracy w znanym zagranicznym ośrodku naukowym.

Pomimo bardzo wysokiego poziomu pracy nie udało się ustrzec pewnych drobnych nieścisłości. Szczególnie zwraca uwagę używanie anglojęzycznych terminów lub kalk językowych na przykład: free standing fibers, koaksjalny, włókna w formie wolnej, gęstość włókien, akcja laserowa, komórki słoneczne, czy też małe urządzenia. We wstępie jeden rząd wielkości został nazwany szerokim zakresem stężeń analitu, a rok 1600 to nadal XVI wiek. Używanie czterech a nawet pięciu cyfr znaczących w opisywanych wynikach świadczy o pewnej nieporadności metrologicznej.

Chciałbym dowiedzieć się od abiturientki, jaką strukturę materiału można otrzymać używając przędzenia zastosowaniem wielu dysz przędzalniczych zawierających różne materiały (schemat 7 b).

Drugie moje pytanie dotyczy włókien ukierunkowanych. Czy tworzą się one wskutek działania siły odśrodkowej, jak zostało wskazane w pracy czy jednak chodzi o inne efekty?

Zwracając uwagę na to iż na 153 stronach numerowanych pracy udało mi się znaleźć tak niewiele nieścisłości chciałbym podkreślić że nie obniżają one bardzo wysokiego poziomu pracy.

Po zapoznaniu się z niniejszą rozprawą doktorską stwierdzam, że spełnia ona, z dużym nadmiarem, wszystkie warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571 z późn. zm.). W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynierii Chemicznej.

W związku z imponującymi osiągnięciami abiturientki: 22 publikacje, 10 wystąpień konferencyjnych udział w 32 szkoleniach, bycie laureatką sześciu nagród i wyróżnień, udział w projekcie i w zgłoszeniu patentowym oraz osiągnięty jak dotąd indeks Hirscha = 7, 233 cytowania i sumaryczny *Impact Factor* opublikowanych prac równy 39,5; a szczególnie ze względu na bardzo wysoki poziom przedstawionej rozprawy doktorskiej, wnoszę o przyznanie wyróżnienia.



dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk