

Prof. dr hab. Jolanta Bryjak

Wrocław, 28.11.2022

Katedra Inżynierii Procesowej i

Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych

Politechnika Wrocławskiej

50-370 Wrocław

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Cieleckiej zatytułowanej

Modelowanie *in situ* biosyntezy i właściwości fizyko-mechanicznych nanocelulozy
bakteryjnej

zrealizowanej pod opieką prof. dr hab. inż. Stanisława Bieleckiego z Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej.

Bakteryjna nanoceluloza to w pełni ekologiczny materiał, istotny dla zrównoważonego rozwoju światowych gospodarek. Jest to materiał wielofunkcyjny i jako taki, intensywnie eksplorowany pod kątem naukowym, wykazując liczne nowe możliwości praktycznego wykorzystania nanocelulozy, jak i produkcji różnych materiałów w większej skali. To zainteresowanie wynika z atrakcyjnej trójwymiarowej struktury żelu, czystości, biodegradowalności, inertności chemicznej, odporności na kwasy, sole i etanol oraz zdolności do wiązania dużych ilości wody. Ponieważ bakteryjna nanoceluloza posiada certyfikat GRAS i status błonnika spożywczego, jest produkowana głównie na potrzeby przemysłu spożywczego, do otrzymywania, między innymi deserów, produktów niskokalorycznych i bez cholesterolu, a także opakowań do przechowywania żywności. Drugim, prężnie rozwijającym się obszarem zastosowań, jest biomedycyna, a szczególnie inżynieria tkankowa. Należy tu, w skrócie, wymienić produkcję opatrunków na rany wysiękowe, materiały do regeneracji chrząstek stawowych i kości, implanty dentystyczne i cewek moczowych, materiały do kontrolowanego uwalniania leków i związków bioaktywnych oraz, bardziej w fazie badań, konstrukcje umożliwiające regenerację nerwów, naczyń krwionośnych, czy leczenie uszkodzeń oka. Z kolei w przemyśle papierniczym można wykorzystać nanocelulozę do produkcji papieru funkcjonalnego, o specyficznych właściwościach optycznych czy niepalnych opakowań. W przemyśle tekstylnym nanoceluloza może z powodzeniem zastąpić, i zastępuje, wiskozę, co wiąże się z ciekawym trendem w świecie mody, BioCouture. Niektórzy producenci takiej

odzieży promują ją, jako uzyskiwaną w pełni z surowców odnawialnych i w proekologicznych warunkach, np. na bazie piwa czy czerwonego wina. Kolejna dziedzina, i pewnie nie ostatnia, to otrzymywanie materiałów przewodzących, elektrycznych urządzeń wyświetlających, OLED, komórek paliwowych, superkondensatorów, monitorów i słuchawek stereo.

Imponujący wachlarz istniejących i potencjalnych zastosowań bakteryjnej celulozy jest ograniczany problemami związanymi ze zwiększaniem skali oraz z wysokimi kosztami produkcji i utylizacji odpadów procesowych. Powoduje to, że znaczna część badań ogniskuje się obecnie na optymalizacji procesów, zastępowaniu składników pożywek odpadami z przemysłu spożywczego i poszukiwaniu nowych producentów bakteryjnej celulozy. W świetle tych informacji, przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Izabeli Cieleckiej jest naukowo aktualna oraz posiada walory praktyczne.

Duży nacisk na wydźwięk praktyczny projektowanych badań naukowych jest, moim zdaniem, szczególnie zasadny. Dlatego z przyjemnością stwierdziłam, że recenzowana przeze mnie praca jest nie tylko z pogranicza kilku dziedzin wiedzy, ale jeszcze efektywnie łączy walory naukowe z praktycznymi. Tematyka poruszana w pracy doktorskiej jest bardzo obszerna. Tezą pracy doktorskiej było wykazanie możliwości modyfikowania właściwości fizyko-mechanicznych bakteryjnej nanocelulozy poprzez celowane dodawanie do podłoża hodowlanego wybranych związków, a także dobór warunków procesowych i wyizolowanie nowego szczepu.

Od strony formalnej, przedstawione do recenzji opracowanie liczy 252 strony, z czego druga połowa to teksty pięciu publikacji oraz oświadczenia wszystkich współautorów tych publikacji, informujących o ich udziale procentowym w formułowaniu koncepcji badań, pracach laboratoryjnych, interpretacji wyników, po redakcję manuskryptów. Zgodnie z tymi oświadczeniami, mgr inż. Izabela Cielecka jest główną twórczynią, z udziałem od 60 do 80%, i jednocześnie autorką korespondencyjną. Wszystkie publikacje znajdują się na Liście Filadelfijskiej, z łącznym IF około 22. Wartość IF należy uznać za więcej niż dobrą uwzględniając fakt, że prace o charakterze naukowo-praktycznym rzadko są wysoko punktowane. Dodatkowo powstał jeden patent na bazie wyników zamieszczonych w publikacji piątej. Uwzględniając powyższe informacje można stwierdzić, że poziom naukowy publikacji jest wysoki, z dominującym udziałem doktorantki w tworzeniu tych prac.

Zestaw publikacji poprzedza przewodnik po pracach będących przedmiotem rozprawy doktorskiej, liczący 108 stron. W zasadzie Autorka mogłaby się ograniczyć do przygotowania bardzo krótkiego wstępu i do kilkustronicowego przewodnika, jednak mgr inż. Izabela Cielecka opracowała bardzo dobry i obszerny, 30-stronicowy, Wstęp, który

zamyka spis 251 odnośników literaturowych. Jak wspomniałam, wstęp mógłby być krótszy, gdyż każda publikacja zawiera stosowne wprowadzenie, jednak zakres badań prowadzonych w ramach tej pracy jest bardzo duży i Doktorantka zapewne chciała pokazać, w jakich obszarach badań znajdują się poszczególne publikacje. Zamysł bardzo dobry, a sam Wstęp napisany przejrzyście i pozwalający zgrabnie umiejscowić publikacje w poszczególnych obszarach badań nad bakteryjną celulozą.

Następna część rozprawy to jasno sformułowany cel pracy. Publikacje nr 1 i 2 są ukierunkowane na otrzymywanie kompozytów z nanocelulozy i polimerów naturalnych poprzez modyfikację *in situ*, czyli wprowadzenie polimerów do podłoża hodowlanego. W publikacji nr 2 przedstawiono również efekty poprodukcyjnej modyfikacji membran glicerolem. Podłoże było także modyfikowane przez dodanie kwasu mlekowego i etanolu w różnych stężeniach, co jest przedmiotem publikacji nr 4 i logiczną kontynuacją badań przedstawionych we wcześniejszej publikacji, nie będącej przedmiotem niniejszej rozprawy, ale współautorstwa Izabeli Cieleckiej. Tę pracę wyróżnia zastosowanie metody centralnego planu kompozycyjnego celem optymalizacji procesu. Zupełnie inny charakter ma publikacja nr 3, w której zamieszczono wyniki z doboru warunków procesowych w specjalnie skonstruowanym reaktorze z nietypowym napowietrzaniem hodowli. Z kolei publikacja nr 5 dotyczy wyizolowania nowego szczepu, produkującego nanocelulozę o unikalnej podatności na rozciąganie.

Kolejną częścią rozprawy doktorskiej jest krótkie, 37 stronicowe omówienie wyników przedstawionych w 5 publikacjach. We wszystkich badaniach Doktorantka określała wpływ warunków hodowli na ilość i jakość otrzymywanej celulozy. Prawie rutynowo określała strukturę i krystaliczność uzyskiwanych produktów, z wyłączeniem publikacji nr 3, wytrzymałość mechaniczną we wszystkich badaniach oraz zdolność do zatrzymywania wody, pęcznienia i retencji z wykluczeniem publikacji nr 3 i 5. To zestawienie sugeruje, że ułożenie kolejności publikacji zgodnie z datą ich ukazania się, nie odzwierciedla prawidłowo rzeczywistej kolejności wykonanych badań. Przypuszczam że najpierw Autorka badała czynniki wpływające na intensyfikację procesu, aby wykazać, że można zwiększyć wydajność produkcji nanocelulozy w bioreaktorze o nietypowym napowietrzaniu, a niejako przy okazji wykazała, że zmiany w warunkach procesowych wywołują zmiany we właściwościach mechanicznych otrzymanych materiałów. W kolejności zamieszczonych materiałów jest to publikacja nr 3, po przeczytaniu której od razu pojawiło się pytanie, dlaczego nie została ustalona struktura i krystaliczność membran, co było przedmiotem badań w publikacjach 1 i 2. Przy czym nie chodzi mi o krytykę artykułu, tylko o moje wrażenie po

lekturze dwóch pierwszych publikacji. Zaznaczam, że przeczytałam pełne publikacje. Publikacja nr 3 jest w istocie bardzo dobra, a w mojej opinii najlepsza. Można przecież mnożyć badania nad wpływem różnych czynników na wydajność i jakość uzyskiwanych membran, ale bez wykazania możliwości zwiększenia efektywności procesu, w tym przypadku o 65%, wyniki pozostają w sferze potencjalnych możliwości.

Chciałabym odnieść się jeszcze do 2 pierwszych publikacji, które reprezentują badania nad taką modyfikacją podłoża i obróbką poprodukcyjną, aby uzyskać kompozyty przydatne w inżynierii tkankowej. Z jednej strony Autorka uniknęła chaosu, przedstawiając wyłącznie wyniki badań za które odpowiadała bezpośrednio, z drugiej strony pełne publikacje były dużo ciekawsze.

W przypadku piątej publikacji, ciekawi mnie dlaczego pojawiła się potrzeba poszukiwania nowego szczepu. Czy zdaniem doktorantki możliwości *Komagataeibacter xylinus* E25 uległy wyczerpaniu? Niezależnie od motywacji, zmiana szczepu okazała się bardzo dobrym wyborem.

Przewodnik kończą wnioski, dotyczące wyłącznie zakresu badań doktorantki, bardzo dobrze sformułowane, co dobitnie świadczy o dużych umiejętnościach analizy i syntezy. A wszystko opatrzone dodatkowym spisem literatury cytowanej.

Ponieważ recenzję zaczęłam od końca rozprawy, konsekwentnie pragnę dodać, że dysertację otwiera Streszczenie w języku polskim i angielskim, po którym następuje życiorys naukowy, spis wszystkich publikacji, udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach, informacja o patencie (rok musiałam sama znaleźć), odbytych szkoleniach oraz spis publikacji będących przedmiotem rozprawy doktorskiej. Natomiast nie znalazłam informacji o realizowanych grantach badawczych. W publikacjach, poza pierwszą, jest informacja, że badania nie były finansowane ze źródeł zewnętrznych. Dla mnie to sztuka sama w sobie. Ale najwyraźniej można, bazując na owocnej współpracy.

Podsumowując recenzję chciałabym podkreślić, że rolą recenzenta jest wskazanie wad i niedociągnięć ocenianej dysertacji, ale w tym przypadku nie mam żadnych poważniejszych zastrzeżeń. Całościowo praca zawiera wiele interesujących wyników, w badaniach wykorzystano bogatą paletę metod analitycznych, optymalizację procesu, opracowano nową wersję napowietrzania bioreaktora oraz wyizolowano i scharakteryzowano nowego producenta nanocelulozy wraz z doborem dodatków do pożywki celem intensyfikacji ilościowej i jakościowej procesu. Ponad wszelką wątpliwość Doktorantka wykazała się umiejętnościami współpracy oraz analizą i syntezą uzyskanych wyników.

Wnioski końcowe

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską oraz z publikacjami, które powstały w trakcie jej realizacji, stwierdzam, że dysertacja mgr inż. Izabeli Cieleckiej, zatytułowana „Modelowanie *in situ* biosyntezy i właściwości fizyko-mechanicznych nanocelulozy bakteryjnej” spełnia z nadmiarem wymagania stawiane przez Ustawę o Tytule i Stopniach Naukowych z dnia 14 marca 2003 (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595, ze zm.), a także zwyczajowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim. Wniosuję zatem o jej przyjęcie i dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów postępowania przed Radą ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej, w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Jednocześnie, uwzględniając rozległość prowadzonych badań eksperymentalnych oraz uzyskane wyniki o charakterze naukowym i aplikacyjnym, wniosuję o wyróżnienie dysertacji.

Małgorzata Bryniew

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Cieleckiej, zatytułowanej
Modelowanie *in situ* biosyntezy i właściwości fizyko-mechanicznych nanocelulozy
bakteryjnej

Przedstawiona do recenzji praca doktorska zawiera wiele interesujących wyników z pogranicza inżynierii biomedycznej (publikacje 1 i 2), inżynierii materiałowej (publikacje 1-5), inżynierii chemicznej (publikacje 3 i 4) oraz mikrobiologii (publikacja 5), w badaniach wykorzystano bogatą paletę metod analitycznych, optymalizację procesu, opracowano nową wersję napowietrzania bioreaktora oraz wyizolowano i scharakteryzowano nowego producenta nanocelulozy wraz z doбором dodatków do pożywki celem intensyfikacji ilościowej i jakościowej procesu. Ponad wszelką wątpliwość Doktorantka wykazała się dużymi umiejętnościami współpracy oraz analizą i syntezą uzyskanych wyników.

Uwzględniając rozległość prowadzonych badań eksperymentalnych oraz uzyskane wyniki o charakterze naukowym i aplikacyjnym, wnioskuję o wyróżnienie dysertacji.

Magdalena Brynjal