

Poznań, 30 grudnia 2023r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Dziergowskiej

pt. „Opracowanie bezpiecznych dla środowiska metod stymulacji kiełkowania nasion i wzrostu roślin”

Recenzja została przygotowana na podstawie pisma RDND05/42/2023 prof. dr. hab. inż. Grażyny Gryglewicz - Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 17 października 2023r.

Z roku na rok zwiększa się zapotrzebowanie na wysokojakościowe produkty pochodzenia naturalnego. Na uzyskanie wysokich plonów dobrej jakości ma wpływ wiele czynników m.in. rodzaj gleby, warunki geograficzne i klimatyczne, odpowiednie zaopatrzenie rośliny uprawnej w makro- i mikroelementy, które są niezbędne do jej prawidłowego rozwoju. Strategia zrównoważonego rolnictwa polega na efektywnej produkcji, zarówno bezpiecznej, jak i wysokiej jakości żywności, w sposób chroniący i jednocześnie poprawiający stan środowiska naturalnego. Wymaga to zwiększenia ilości i jakości plonów, przy jednoczesnym zadbaniu o ograniczenia chemizacji rolnictwa, degradacji gleb, czy zanieczyszczeń areału wodnego. Dlatego też stale poszukuje się nowych metod działania, które pozwolą na poprawę tego stanu rzeczy, np. poprzez wpływ na zwiększenie kiełkowności nasion, czy zastosowania bioproduktów wpływających na wzrost roślin uprawnych. Potrzeba rozwoju tego tematu, innowacji technologicznych i lepsze rozumienie tego typu aktywności pozostają niezwykle aktualne i wciąż potrzebne.

Przedłożona do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Dziergowskiej pt.: „Opracowanie bezpiecznych dla środowiska metod stymulacji kiełkowania nasion i wzrostu roślin” została wykonana w Katedrze Zaawansowanych Technologii Materiałowych Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej, pod

opieką dr hab. Izabeli Michalak, prof. uczelni oraz prof. dr hab. Jerzego Detyny, bardzo dobrze wpisuje się w te potrzeby, a praktyczny jej aspekt jest bardzo istotny.

Oceniana dysertacja jest obszerna, liczy 316 stron, zilustrowana jest 42 rysunkami i zawiera 54 tabele. Została przygotowana w formie tradycyjnej rozprawy doktorskiej, w układzie klasycznym, typowym dla tego typu opracowań. W pracy zostały zachowane właściwe proporcje części opisującej badania własne w stosunku do części literaturowej i eksperymentalnej.

Na rozprawę składa się sześć zasadniczych części: krótki wstęp, nazwany przez Autorkę *Problemem badawczym* (1 str.), część literaturowa - *Przegląd stanu wiedzy* (53 str.), rozdział *Cel i zakres pracy* (3 str.), rozdział *Materiały i metody* (46 str.), kolejno najbardziej obszerna część o tytule *Wyniki i dyskusja* (128 str.), rozdział końcowy - *Podsumowanie* (5 str.). Pracę uzupełnia część zwana *Bibliografią* - będąca spisem cytowanego piśmiennictwa, obejmującego aż 469 pozycji (44 str.), a także dołączone w końcowej jej części spisy tabel, rysunków, dwa załączniki (1. „Zastosowanie makroalg do biosorpcji różnych jonów” i 2. *Zastosowanie pozostałości poekstrakcyjnej makroalg do biosorpcji różnych jonów metali*) oraz wykaz *Dorobku naukowego* Doktorantki, który nie podlega ocenie.

W części *Problem badawczy* Doktorantka w zwięzły sposób nakreśla obszar tematyczny rozprawy, jakim jest poszukiwanie nowych, nieszkodliwych sposobów stymulowania kiełkowania i wzrostu roślin z wykorzystaniem różnorodnych biomateriałów otrzymanych na bazie makroalg wraz dodatkowymi czynnikami zewnętrznymi.

Rozdział *Przegląd stanu wiedzy*, oparty jest na 356 pozycjach literaturowych. W tej części Doktorantka opisała aktualny stan wiedzy na temat wykorzystania bodźców zewnętrznych, takich jak ultradźwięki, stałe i zmienne pole magnetyczne w celu przedsięwziętej stymulacji nasion. Jednakże najwięcej miejsca poświęciła wykorzystaniu biomasy makroglonów jako surowca do wytwarzania bioproduktów, istotnych do pobudzania nasion do kiełkowania oraz wykorzystywanych jako stymulatory wzrostu roślin. Tego rodzaju materiały są szeroko rozpowszechnione, głównie w postaci ekstraktów glonowych. W rozdziale omówiono wykorzystane w badaniach prowadzonych w ramach niniejszej pracy doktorskiej makroglony z trzech, najbardziej rozpowszechnionych gromad: zielenic (*Cladophora glomerata*, *Ulva* sp.) brunatnic (*Sargassum* sp., *Fucus* sp.) oraz krasnorostów (*Porphyra* sp., *Palmaria* sp.).

W dalszej części niniejszego opracowania mgr inż. K. Dziergowska zamieściła dane literaturowe dotyczące technologii biosyntezy wytwarzania nanocząstek wybranych tlenków metali (cynku i miedzi) z wykorzystaniem ekstraktów roślinnych oraz tych, opartych na glonach. Zwróciła również uwagę na wykorzystanie pozostałości poekstrakcyjnych z biomasy makroglonów w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym. W procesie usuwania jonów metali ciężkich (biosorpcja), bardziej skuteczne okazały się brunatnice i krasnorosty z uwagi na wyższą, niż w zielenicach zawartość polisacharydów w ścianie komórkowej. Przygotowana przez Doktorantkę część literaturowa pracy stanowi dobre źródło informacji i może być wstępem do analizy otrzymanych wyników.

Główny cel pracy sformułowany przez Autorkę, to opracowanie bezpiecznych dla środowiska metod przedświejnej stymulacji kiełkowania nasion i wzrostu roślin. W rozdziale *Cel i zakres pracy* Doktorantka najpierw przedstawiła cele szczegółowe (10), które obejmowały m.in. wybór czynników fizycznych, czy makroalg do przedświejnej stymulacji kiełkowania nasion i wzrostu roślin. Autorka przedstawiła również cztery hipotezy badawcze: 1. Zaproponowana technologia umożliwi wytworzenie z wybranych rodzajów biomasy algowej efektywnych preparatów stymulujących kiełkowanie nasion i wzrost roślin; 2. Otrzymane bioprodukty (ekstrakty, nanocząstki tlenków metali) oraz zastosowane czynniki zewnętrzne (pole magnetyczne, ultradźwięki) będą miały pozytywny wpływ na kiełkowanie nasion i wzrost roślin; 3. Jednoczesne wykorzystanie bioproduktów na bazie makroalg oraz czynników zewnętrznych do stymulacji kiełkowania nasion przyczyni się do wzrostu parametrów roślin; 4. Pozostałości poekstrakcyjne będą się skutecznymi biosorbentami metali ciężkich z roztworów wodnych. W końcowej części tego rozdziału Doktorantka określiła plan eksperymentów badawczych zaplanowanych do weryfikacji przedstawionych wcześniej hipotez.

Rozdział *Materiał i metody* zawiera schemat (Rys. 10) obrazujący dość szczegółowo, w jaki sposób były realizowane poszczególne badania. Do eksperymentów wybrano wspomniane już wcześniej glony: słodkowodną *Cladophora glomerata* (zebrane z różnych dwóch stanowisk) i morskie: *Ulva* sp., *Sargassum* sp., *Fucus* sp., *Porphyra* sp. i *Palmaria* sp. oraz nasiona roślin: z rodziny kapustowatych - dwie odmiany rzodkwi zwyczajnej (*Faraon* i *Saxa* 2), marchew zwyczajną (*Amsterdam* 3), gorczyce białą oraz z rodziny bobowatych: dwie odmiany soi warzywnej (*Abelina*, *Enrei*) oraz łubinu wąskolistnego. W rozdziale zawarto także spis wykorzystanych w odczynników, sprzętu, opisy i parametry przeprowadzonych eksperymentów

badawczych: otrzymywanie ekstraktu algowego, biosyntezę nanocząstek tlenków metali z wykorzystaniem ekstraktów, wykorzystanie pozostałości poekstrakcyjnych jako biosorbentów; opisano także zastosowane metody analityczne do charakterystyki makroalg, otrzymanych ekstraktów oraz nanocząstek. Szczegółowo omówione zostały także techniki stymulacji nasion czynnikami zewnętrznymi oraz bioproduktami na bazie alg, testy prowadzone na roślinach (m.in. szalkowe, doniczkowe, polowe), badania właściwości przeciwgrzybiczych nanocząstek ZnO, pomiary biometryczne roślin i przeprowadzona analiza statystyczna.

W części *Wyniki i dyskusja* Autorka skrupulatnie omówiła otrzymane wyniki, porównując je z pracami już dostępnymi w literaturze. Przedstawiła charakterystykę wykorzystanych makroglonów, otrzymanych ekstraktów algowych, pozostałości poekstrakcyjnych. Opisała syntezę oraz charakterystykę nanocząstek tlenków cynku i miedzi, otrzymanych na bazie ekstraktów algowych, wykorzystując do analiz m.in. techniki dyfraktometrii rentgenowskiej, skaningowej mikroskopii elektronowej, FT-IR. Doktorantka zaprezentowała także rezultaty badań właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych wybranych nanocząstek tlenków cynku i miedzi. W rozdziale przedyskutowano także wpływ wybranych ekstraktów glonowych na kiełkowanie nasion i wzrost niektórych roślin. Najczęściej wykorzystanym do tych celów ekstraktem był izolat z zielenicy *Cladophora glomerata*. Mgr inż. K. Dziergowska przeanalizowała również oddziaływanie ekstraktów z zielenic, brunatnic oraz krasnorostów z jednoczesnym wykorzystaniem czynników zewnętrznych (zmienne, stałe pole magnetyczne lub ultradźwięki) na kiełkowanie nasion i wzrost soi warzywnej, rzodkwi, czy marchwi. W ostatniej części tego rozdziału zostały przedstawione możliwości zagospodarowania pozostałości poekstrakcyjnych do biosorpcji jonów Cr (III).

Z racji dużej ilości przeprowadzonych eksperymentów, otrzymanych danych i co za tym idzie wniosków, jest wiele. W mojej opinii Doktorantka dobrze zaplanowała doświadczenia, wykorzystując szereg różnorodnych metod badawczych i technik pomiarowych. Dyskusja jest prowadzona w sposób rzeczowy i merytoryczny. Zaprezentowane w tabelach wyniki są opracowane w staranny sposób.

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem polskim, z uwzględnieniem słownictwa chemicznego. Jednakże można w niej znaleźć drobne uchybienia natury językowej, edytorskiej, bądź niepoprawne sformułowania. Z obowiązku recenzenta

pozwolę sobie przytoczyć niektóre z nich, a także sformułować drobne uwagi i sugestie:

- od str. 10 i później wielokrotnie w całym tekście pracy - używanie nazwy rodzaju *Enteromorpha* sp. (syn. *Ulva* sp.) nie jest poprawne. Od 2015 roku prawidłowo, z taksonomicznego punktu widzenia, stosuje się dla tego rodzaju glonów nazwę *Ulva* sp. (syn. *Enteromorpha* sp.).

Dokładne informacje dotyczące używania poprawnego nazewnictwa glonów można znaleźć w cytowanej, niejedyn raz w tej dysertacji, bazie AlgaeBase: https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=30;

- str. 11 - w opisie dotyczącym *Cladophora glomerata* Doktorantka użyła sformułowania „Uważana jest za szkodliwą, gdyż występuje szczególnie często w miejscach silnie eutroficznych”. Brakuje tutaj bardziej szczegółowych informacji na czym „ta szkodliwość” *Cladophora glomerata*, zdaniem Autorki, miałyby polegać. Proszę o komentarz podczas obrony;

- str. 61 - 9. cel szczegółowy do realizacji w pracy doktorskiej brzmi: „Jednoczesna stymulacja nasion wybranym czynnikiem fizycznym i produktem na bazie makroalg” jest w mojej ocenie niekompletny. Cel sam w sobie ma służyć jakiemuś działaniu, które można by później poddać weryfikacji/ocenie;

- str. 70, 90-92, 95, 100, 102, 106 - zdjęcia umieszczone na schematach (Rys. 11, 15-19, 22, 27, 29, 31) są mało wyraźne, często zbyt ciemne tło, zmieniona kolorystyka utrudnia obserwację i dostrzeżenie istotnych szczegółów;

- str. 110 i 111 - tabele 20 i 21 oraz - proszę o informację, na której biomacie *Cladophora glomerata* wykonano badania na zawartość cukrów, tłuszczów, białka i aminokwasów;

- str. 117 - tabela 23a - proszę o informację, na której biomacie *Cladophora glomerata* wykonano badania;

- od str. 250 - Bibliografia - przygotowany spis literatury nie jest jednolity, w niektórych pozycjach [13, 15, 16, 51, 60, 64, itd.] nie wymieniono wszystkich autorów publikacji, Doktorantka nie jest konsekwentna w przypisaniu numeracji DOI do każdej pozycji w tym spisie.

Pomimo powyższych uwag wysoko oceniam przedstawioną do recenzji pracę doktorską, a wspomniane uchybienia nie obniżają jakości prezentowanych wyników.

Recenzowana dysertacja zawiera istotne informacje dotyczące nowych propozycji badawczych, które wcześniej nie zostały opisane w literaturze. Wykonany przez Doktorantkę szeroki wachlarz badań doświadczalnych wymagał dobrego

przygotowania teoretycznego i eksperymentalnego. Praca doktorska ma charakter interdyscyplinarny, badania prowadzono w kilku zespołach badawczych i na różnych płaszczyznach tematycznych, dlatego w trakcie obrony proszę Panią mgr inż. K. Dziergowską o informacje, które badania były wykonywane przez nią osobiście, a w których tylko uczestniczyła, jeśli były wykonane w ramach współpracy. Proszę także o odpowiedź, w jakiej formie Autorka zamierza opublikować wyniki swoich badań, czy są przygotowane wnioski patentowe?

Część doświadczalna została dobrze zaplanowana, hipotezy badawcze zweryfikowane, wyniki zinterpretowane poprawnie, a cele pracy doktorskiej osiągnięte. Doktorantce udało się otrzymać skutecznie działające preparaty (ekstrakty glonowe) do stymulowania kiełkowania nasion i wzrostu roślin. Szczególnie istotne wyniki, to te, które dotyczą preparatów opartych na *Cladophora glomerata*, glonu powszechnie występującego w akwenach wodnych Polski. Mgr inż. Katarzyna Dziergowska udowodniła, że zastosowanie w różnych konfiguracjach, bioproduktów (ekstrakty algowe, nanocząstki) oraz czynników zewnętrznych (pole magnetyczne, ultradźwięki) pozytywnie wpływa na kiełkowanie nasion i wzrost roślin. Dzięki tak zaprojektowanym eksperymentom uzyskano poprawę efektywności takich parametrów jak procent kiełkowania nasion, masa i długość części naziemnej, zawartość chlorofilu w liściach i liścieniach, czy długość korzenia. Pozostałości poekstrakcyjne *Cladophora glomerata* okazały się skutecznymi biosorbentami do usuwania jonów Cr (III) z roztworów wodnych.

Tematyka podjęta w ocenianej pracy jest aktualna, nowatorska i wpisuje się w ideę zrównoważonego rolnictwa oraz gospodarki o obiegu zamkniętym. Co również warto jest podkreślić, badania zrealizowano z wykorzystaniem pozyskanych funduszy zewnętrznych w ramach następujących projektów: NCN OPUS 2019/33/B/NZ9/01844: „Przyjazne dla środowiska technologie zagospodarowania biomasy wodorostów morskich na produkty użyteczne dla zrównoważonego rolnictwa oraz biosorbenty stosowane do usuwania jonów metali ciężkich ze środowiska”; NAWA - Canaletto PPN/BIT/202/1/00004/U/00001: „Waloryzacja biomasy odpadowej makroalg na bioprodukty przydatne dla zrównoważonego rolnictwa i środowiska”.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty stwierdzam, że przedłożona do oceny dysertacja spełnia ustawowe i zwyczajowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z artykułem 18 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym. Wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna



Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Dziergowskiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

Bogusława Łęska