



INSTYTUT GENETYKI ROŚLIN POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań

Tel. centrala: 61 6550200, sekretariat: 61 6550255 E-mail: office@igr.poznan.pl www.igr.poznan.pl
NIP: 7811621455 REGON: 000326204 BDO: 000017736

Poznań, 10.05.2021

Prof. dr hab. Małgorzata Jędrzycka
Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk
ul. Strzeszyńska 34
60-479 Poznań

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Artura Nowaka
pt.: „Charakterystyka zewnątrzkomórkowych polimerów
uzyskanych z hodowli wybranych grzybów Ascomycota”

Pracę wykonano w Instytucie Nauk Biologicznych Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie pod opieką dr hab. Jolanty Jaroszuk-Ściseł, prof. UMCS

Uzasadnienie wykonania recenzji

W dniu 23 marca 2021 r. pani prof. dr hab. Anna Jarosz-Wilkołazka zwróciła się do mnie w imieniu Rady Naukowej Instytutu Nauk Biologicznych Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie z prośbą o zrecenzowanie w/w pracy doktorskiej.

Struktura pracy – ocena formalna

Recenzowana praca doktorska jest wyjątkowo obszerna i składa się z 298 stron, w tym 22 tabel i aż 145 rycin oraz 408 pozycji literaturowych. Pod względem edytorskim pracę wykonano wyjątkowo starannie. Pracę napisano według struktury właściwej dla rozpraw doktorskich. Rozpoczyna ją spis treści oraz wykaz skrótów stosowanych przez Autora, a następnie streszczenie w j. polskim wraz ze słowami kluczowymi i j. angielskim. Streszczenia zawierają krótkie przedstawienie badanego zagadnienia, cel oraz syntetyczne podsumowanie wyników. Wersja anglojęzyczna odpowiada wersji polskiej. Następnie w pracy zawarto bardzo obszerny wstęp (69 stron) z podziałem na podrozdziały. Wprowadzenie to umożliwi zorientowanie się w podstawach i nowych osiągnięciach w obrębie omawianych zagadnień. Niektóre podrozdziały mają bardzo niefortunne nazwy np. 1.2.1.1 i kolejne („Charakterystyka gatunku *Fusarium* (1.2.1.1.) /*Penicillium* (1.2.1.2) /*Trichoderma* (1.2.1.3)”). Podrozdział 1.2.1.1. zaczyna się od zdania „Gatunek *Fusarium*

został po raz pierwszy opisany przez ...” , tymczasem *Fusarium* to rodzaj, nie gatunek. Ta sama uwaga dotyczy pozostałych badanych rodzajów *Penicillium* i *Trichoderma*. Wstęp jest rozbudowany i drobiazgowy, jednak napisany jest w zajmujący sposób. Szczegółowe informacje na temat polimerów zewnątrzkomórkowych (EPS) zostały wzbogacone o przykłady ich komercyjnych zastosowań. Doktorant przedstawił także rolę EPS w środowisku oraz potencjalne wykorzystanie w rolnictwie.

W kolejności Doktorant sformułował hipotezę badawczą i cel pracy. Hipoteza badawcza to przypuszczenie dotyczące pewnych prawidłowości, które chcemy zweryfikować. Informacja , że polimery zewnątrzkomórkowe są bardzo słabo poznane nie powinna stanowić elementu hipotezy. Cel ogólny i cele szczegółowe badań sformułowano poprawnie, natomiast hipotezą najprawdopodobniej było przypuszczenie, że grzyby Ascomycota mogą być cennym źródłem bioaktywnych EPS i raczej należało przedstawić skąd pochodzi to przypuszczenie. Fakt, że EPS u Ascomycota są słabo zbadane w żadnej mierze nie wspiera hipotezy, natomiast wspiera ją fakt, że związki takie tworzone są przez grzyby Basidiomycota oraz generalnie – przez różne mikroorganizmy.

Część metodyczna obejmuje 18 stron i jest podzielona na 8 podrozdziałów, zawierających opis postępowania z materiałem badawczym, w tym uzyskanie i przechowywanie kultur badanych grzybów, sposoby ich pasażowania, dobór podłoży mikrobiologicznych w celu zwiększenia wydajności wytwarzania egzopolimerów. Opisano także poszczególne procedury optymalizacyjne oraz sposoby oznaczania aktywności enzymatycznej w tkankach roślin traktowanych badanymi związkami. Wymieniono także sposób prowadzenia analizy statystycznej. Bez takiej analizy opracowanie wyników i wyciągnięcie wniosków nie byłoby możliwe. Przy tylu testach i wynikach wyłączenie zastosowanie odchylenia standardowego do porównań uważam za niewystarczające. Z kolei zdecydowanie pozytywne wrażenie odnoszę po analizie ilustracji. Są przygotowane bardzo starannie, podpisane czytelnie, osie są każdorazowo opisane, wymieniono jednostkę, w której wykonywano pomiar.

Opis wyników badań przedstawiono na 137 stronach, w trzech głównych podrozdziałach poświęconych:

- 1) optymalizacji warunków hodowli badanych grzybów Ascomycota,
- 2) charakterystyce składu i budowy uzyskanych EPS,
- 3) opisowi właściwości biologicznych EPS, w tym:
 - a) wiązaniu metali ciężkich,
 - b) właściwościom antyoksydacyjnym,
 - c) oddziaływaniu na rośliny,
 - d) indukcji odporności w tkankach roślinnych.

Dyskusja wyników obejmuje 14 stron, po czym następuje podsumowanie wyników i wnioski. W podsumowaniu – co jest wyjątkowo cenne – odniesiono się do hipotezy badawczej a także przedstawiono aplikacyjne znaczenie badań. Krótki wniosek końcowy podparto 17. wnioskami szczegółowymi.

W bibliografii wymieniono 408 pozycji literaturowych i 36 stron internetowych (netografia). w tym głównie publikacji anglojęzycznych. Publikacje do 1999 roku stanowiły 13,7% prac, z okresu 2000-2009 zacytowano 28,5% publikacji, natomiast prace od 2010 roku były bardzo liczne i obejmowały 57,8% cytowanych publikacji. Oznacza to, że Autor szczegółowo rozpoznał zarówno literaturę zawierającą podstawowe aspekty badań, jak również zna prace autorów zajmujących się współcześnie tematyką z omawianego zakresu.

Pracę napisano bardzo ładną polszczyzną, zdania są poprawnie sformułowane, przekaz jest czytelny i zrozumiały. Przy tak obszernej pracy zdarzały się błędy i niezbyt zręcznie sformułowane zdania, jak choćby w samym Streszczeniu na str. 8: określenia „EPS uzyskany” (Autor powinien zastosować liczbę mnogą), „zależało odszczepu”, „ale na poziomie”, „3-5 krotny wzrost w tkankach aktywności”.

W pracach naukowych zasadą jest każdorazowe stosowanie tej samej nazwy dla tego samego materiału, metody czy zjawiska. Tymczasem Autor w wykazie skrótów wyjaśnia, iż EPS to polimery zewnątrzkomórkowe, w streszczeniu raz określa EPS jako mikrobiologiczne egzopolimery, a w słowach kluczowych na tej samej stronie określa EPS jako zewnątrz komórkowe substancje polimeryczne. Są to oczywiście synonimy i jako takie, albo wszystkie powinny być wymienione w słowniku, albo Autor konsekwentnie powinien trzymać się jednej nazwy. Te uwagi nie umniejszają mojej wysokiej oceny dla przygotowania pracy pod względem formalnym.

Tematyka badawcza

Różne gałęzie przemysłu intensywnie poszukują nowych substancji do wykorzystania w praktyce. Szczególnie cenione są substancje, które po ich wykorzystaniu mogą być rozłożone do związków prostych i mogą ulec biodegradacji. W tej grupie są także związki będące polimerami. Polimery naturalnego pochodzenia spełniają warunek biodegradowalności i mogą być wykorzystane a następnie rozłożone w procesie biodegradacji. Często tworzywa takie uzyskuje się z surowców odnawialnych, szczególnie z roślin. Przykładem mogą być tu cukry uzyskiwane z kukurydzy. Związki te mogą być przetwarzane i formowane w pożądanym sposób, przy jednoczesnym zachowaniu warunku polegającego na ich rozkładzie do związków neutralnych, a nawet korzystnych dla środowiska. Takie podejście jest szczególnie cenne w aspekcie nowej polityki Unii Europejskiej określanej jako Europejski Zielony Ład (*ang.* European Green Deal).

W czerwcu 2019 roku Rada Europejska zaapelowała do krajów członkowskich o podjęcie intensywnych akcji w celu przeciwdziałania zmianom klimatu oraz degradacji środowiska naturalnego. W imieniu państw członkowskich Rada podjęła zobowiązanie osiągnięcia neutralności klimatycznej w ciągu najbliższych 30. lat. Do 2050 roku Europa ma stanowić przykładowe miejsce na świecie, w którym po głębokiej transformacji wszystkich dziedzin gospodarki działania ludzi mają być tak prowadzone by zminimalizować, a następnie wykluczyć, negatywny wpływ na środowisko. Zadanie jest ambitne, bowiem czas jest krótki a dziedziny gospodarki rozliczne, od energetyki po budownictwo i rolnictwo. Ta ostatnia dziedzina, pomimo zmian w zastosowanych technologiach, zmniejszeniu użycia nawozów mineralnych i pestycydów, ma jednocześnie zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe. Tym bardziej cieszy, że praca doktorska złożona do oceny doskonale wpisuje się w założenia, którymi mamy się jako naukowcy zająć w najbliższej przyszłości.

Zagadnienia poruszane w pracy doktorskiej związane są z nowymi biodegradowalnymi materiałami, których wytwarzanie nie będzie zajmowało przestrzeni rolniczej. Grzyby stanowią w tym względzie doskonałe źródło ciekawych związków aktywnych biologicznie, o znaczeniu odżywczym, prozdrowotnym, stymulującym procesy odporności roślin i inne, w tym głównie wykorzystywane w rolnictwie, przemyśle spożywczym i medycynie. W grzybach należących do Ascomycota spodziewać się można licznych związków o charakterze zewnątrzkomórkowych polimerów. Poznanie składu i dobranie metod ich pozyskiwania a także określenie właściwości znalezionych związków to ambitny i nowoczesny kierunek badawczy. Prace są wieloaspektowe i wpisują się w dziedzinę nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk biologicznych. Badania dotyczą grzybów występujących powszechnie w naturze, w tym rodzajów:

- 1) *Fusarium* – obejmującego gatunki *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*; w tej grupie znajdują się znane patogeny zbóż, gatunki wywołujące zgorzele siewek oraz więdnienie fuzaryjne licznych gatunków jedno- i dwuliściennych roślin uprawnych;
- 2) *Penicillium* – w tym gatunki *P. commune*, *P. paneum*, *P. simplissimum*; na przykładzie pierwszego z wymienionych gatunków, który jest notowany zarówno w ziemi, jak i na nasionach, przy korzeniach drzew, w wielu produktach spożywczych takich jak owoce, nabiał, mięso czy mąka, można dostrzec silne związki tego grzyba z przemysłem spożywczym i rolnictwem, ale właściwości tych grzybów związane są także z utylizacją zużytego oleju; gatunki należące do rodzaju *Penicillium* są znanymi producentami antybiotyków i innych związków o działaniu przeciwpatogennym, także do zastosowań medycznych;

- 3) *Trichoderma* – w tym gatunki *T. harzianum*, *T. koningiopsis* i *T. reesei*, wykorzystywane w biologicznej ochronie roślin przed patogenami, w tym także przed grzybami rodzaju *Fusarium*; grzyby *Trichoderma* i ich metabolity stanowią główny składnik preparatów aktywnych biologicznie o bardzo wszechstronnych zastosowaniach, a ich łączne użycie z fungicydami zwiększa siłę ich oddziaływania na patogeny; preparaty enzymatyczne uzyskiwane przy wykorzystaniu grzybów rodzaju *Trichoderma* są stosowane w przemyśle spożywczym, browarnictwie oraz przy produkcji pasz, powiększając ich strawność.

Wymienione powyżej aktywności grzybów badanych przez Doktoranta a także tworzonych przez nie substancji wyraźnie wskazują na bezpośredni związek badanych obiektów oraz tematyki badawczej z naukami biologicznymi, co spełnia warunek formalny prowadzenia procedury doktorskiej w obrębie tej dyscypliny.

Merytoryczna ocena pracy

Praca doktorska pana mgr. Artura Nowaka poszerza naszą wiedzę na temat zewnątrzkomórkowych polimerów wytwarzanych przez grzyby Ascomycota. Głównymi etapami pracy były:

- 1) optymalizacja hodowli wybranych izolatów grzybów rodzaju *Fusarium*, *Penicillium* i *Trichoderma* w celu zwiększenia wydajności wytwarzania polimerów zewnątrzkomórkowych (EPS);
- 2) określenie budowy i składu uzyskanych EPS;
- 3) oznaczenie właściwości badanych EPS.

Hodowlę optymalizowano poprzez dobór podłoża wyjściowego, jego pH oraz źródeł węgla, azotu oraz ich stężeń, optymalizację czasu inkubacji hodowli i poprzez zmiany temperatury. Wytypowano cztery podłoża o zróżnicowanym składzie, przeznaczone do hodowli grzybów. Nie bardzo rozumiem dlaczego Doktorant zdecydował się na wybór podłoży przeznaczonych do hodowli Basidiomycota (podłoża Linderber i Holm oraz Haiden i Damash). Rozumiem, że na tych podłożach także rosną Ascomycota, lecz są to pożywki o niskim wyjściowym pH, które – jeśli dobrze rozumiem – także modyfikowano. Istnieje wiele podłoży typowych dla hodowli Ascomycota, których nie użyto, jak choćby płynna pożywka PDB (Potato Dextrose Broth). Czy intencją było porównanie standardowych pożywek przeznaczonych do hodowli Basidiomycota i Ascomycota? Doświadczenia mają swoje ograniczenia i badań nie można prowadzić na wszystkich pożywkach, proszę jednak Doktoranta o przedstawienie przesłanek, którymi kierował się decydując się na wybór czterech określonych pożywek. Poza wykorzystaniem pożywek standardowych z opisanymi wyżej modyfikacjami, Doktorant stosował także dodatek metali ciężkich (kadm, ołów i cynk).

Po hodowli określano suchą masę grzybni, pH płynu pohodowlanego, wyodrębniano EPS oraz określano ich stężenia. Liofilizat dzielono na frakcję białkową i cukry i oznaczano ich stężenia metodą Bradford (białka) i Dubois (cukry). Ponadto, metodą Folina-Ciocalteu oznaczano związki fenolowe. Wszystkie wymienione metody są standardowo stosowane do tych oznaczeń i nie mam do nich zastrzeżeń, zwłaszcza, że Doktorant przedstawił także krzywe wzorcowe (rys. 45-47).

Budowę EPS określano na podstawie trzech technik chromatograficznych, od chromatografii cienkowarstwowej (TLC) w dwóch układach rozwijających (nitroetan: acetonitryl:etanol:woda oraz propanol:octan etylu:woda), poprzez chromatografię cieczową (HPLC) z wykorzystaniem kolumny przeznaczonej do rozdzielania monosacharydów i chromatografię gazową sprzężoną ze spektrometrem mas (GC-MS) z helem jako gazem nośnym. Ponadto, liofilizaty EPS nie poddawane hydrolizie analizowano metodą spektroskopii w podczerwieni (FTIR). Wielkości polimerów we frakcjach EPS określono metodą chromatografii żelowej (GPC) przy użyciu matrycy Sepharose. Analizę typu wiązań w polimerach cukrowych (polisacharydach) wykonano metodą opisaną przez Hakamori. Wymienione metody badawcze są odpowiednie do założonego celu doświadczalnego, polegającego na opisie budowy i struktury badanych związków. Proszę o uściślenie charakteru udziału Doktoranta w tych analizach, czy było to samodzielne wykonanie wszystkich etapów badań, asysta przy osobie zajmującej się obsługą aparatury specjalistycznej czy też oddanie określonych frakcji EPS do analiz w serwisie zewnętrznym.

Najciekawszym elementem pracy z biologicznego punktu widzenia oraz jej roli dla praktyki było oznaczenie właściwości badanych EPS, w tym analiza zdolności do wiązania jonów metali ciężkich. Działano poprzez ich wytrząsanie w wodnym roztworze jonów ołowiu, kadmu i cynku a następnie spektrometrycznym oznaczaniu ilości jonów nie związanych z EPS metodą spektroskopii absorpcji atomowej (ASA). Wykorzystując wodne roztwory EPS, metodą ABTS badano także właściwości antyoksydacyjne (zdolność do usuwania wolnych rodników). Indukcję odporności roślin oznaczano w łodygach i korzeniach pszenicy wykiełkowanych z powierzchniowo wysterylizowanych nasion. Zawiesiny EPS nanoszono na płytki Petriego z nasionami i oznaczano względem wzorców, do których należały: kwas salicylowy, laminaryna, chitozan i BTH. Po 5. i 10. dniach materiał roślinny mrożono i z tkanek ekstrahowano zawiesinę enzymatyczną. Oznaczenia aktywności enzymów przeprowadzono dla liazy fenyloalaninowej (PAL), liazy tyrozynowej (TAL), peroksydazy askorbinianowej (APX), peroksydazy gwajakolowej (GPX), katalazy (CAT), glukanazy (GLUK) i chitynazy (CHIT). Badania prowadzono w trzech powtórzeniach biologicznych i trzech powtórzeniach technicznych po czym oznaczono odchylenia standardowe.

Proszę Doktoranta o wyjaśnienie dlaczego w celu interpretacji badań nie przeprowadzono klasycznej analizy ANOVA jedno- lub wielo-czynnikowej oraz testów statystycznych post hoc, w celu oznaczenia istotności zależności statystycznych po przeprowadzeniu analizy wariancji. Przy wielości prowadzonych analiz i porównań przyglądanie się wysokości słupków na dziesiątkach pokazanych przez Doktoranta wykresów było nieco uciążliwe. W wielu przypadkach zależności lub ich brak był oczywisty, lecz często był on dyskusyjny i oznaczenia statystycznych zależności w jednoznaczny sposób pozwoliłyby na ocenę efektu działania danej frakcji EPS.

Wyniki omówiono bardzo fachowo i szczegółowo, odnosząc je do określonych ilustracji. Ich jakość i staranność opisu wysoko oceniam. Liczba ilustracji jest dość przytłaczająca, jednak jeśli wyniki miałyby formę tabelaryczną, zrozumienie wyników byłoby trudniejsze. Forma ilustracji z pokazaniem odchylenia standardowego, choć nieco przeze mnie skrytykowana, przyczynia się do szybkiego zrozumienia wyników danej analizy. Ta część pracy utwierdziła moją bardzo korzystną opinię na temat Doktoranta; systematyczności jego pracy, pieczołowitości w dokumentacji wyników, umiejętności ich przedstawienia i omówienia.

Większość tekstu dyskusji jest czytelna. Czasem mankamentem jest brak wyraźnego wskazania czy wynik badań pochodzi z pracy własnej czy też z omawianej literatury. Doktorant nie ustrzegł się też od częstego błędu polegającego na powtórzeniu w dyskusji wyników skondensowanej wiedzy, wcześniej omówionej już we wstępnej części pracy. Tymczasem dyskusję wyników należy rozpocząć od najciekawszego i najbardziej nowatorskiego wyniku własnych badań. Prac powinna mieć „strukturę klepsydry”: o ile wstęp rozpoczyna się od ogółu i biegnie do szczegółu, o tyle dyskusja ma odwrotną budowę. Dyskusję należało zacząć od wykazania jak wiele różnorodnych i rzadko spotykanych związków znaleziono, a następnie omówić czy w literaturze naukowej związki te zostały już opisane, a jeśli tak, to w jakich warunkach je wykryto. Umiejętność wyłowienia co jest największą „perłą” własnej pracy jest szczególnie cenne i jeśli się samemu nie określi najcenniejszego wyniku własnych badań, mała jest szansa na wychwycenie go przez innych czytelników. Proszę Doktoranta, by z ogromu uzyskanych przez siebie wyników przedstawił ten najcenniejszy dla danego etapu badań. Gdybyśmy mieli podać trzy najważniejsze osiągnięcia, to co do nich należy? Czy jest to optymalizacja warunków hodowlanych pozwalająca na 20-krotne zwiększenie EPS, czy też inni badacze potrafili stymulować grzyby do tworzenia znacznie większych stężeń EPS? Na ile oryginalne i cenne jest wykazanie heteropolisacharydowego charakteru cukrowej części egzopolimerów? Mnie zachwyciło w tej pracy zaindukowanie odporności pszenicy przy pomocy EPS z grzybów rodzaju *Fusarium*. Czy jednak dodatek frakcji cukrowej ma szanse przyczynić się do wzrostu odporności roślin,

czy też przyciągnie do nasion cały szereg mikroorganizmów, niekoniecznie korzystnych w czasie kiełkowania? Badania wykonano przecież w warunkach sterylnych a w rzeczywistości w glebie na polu mamy do czynienia z koktajlem mikroorganizmów o różnym składzie i właściwościach, często antagonistycznych względem siebie. Jakże może być praktyczne wykorzystanie wykazanych zależności i jak daleko jest do skomercjalizowania wyników tych badań?

Recenzenci powołani są do krytycznej analizy przedstawionych eksperymentów oraz metod badawczych i sposobu prezentacji wyników. Po pewnej dozie uwag krytycznych chciałabym jednak wyraźnie zaznaczyć, że moja opinia o pracy doktorskiej pana mgr. Artura Nowaka jest zdecydowanie pozytywna. Praca otwiera wiele nowych horyzontów, jest moim zdaniem nowatorska i świeża, wytycza nowy obszar badań. Życzę Doktorantowi, by rozprawa nie była końcem, ale początkiem fascynującej drogi, prowadzącej do poznania związków zewnątrzkomórkowo wydzielanych przez grzyby strzępkowe. Do poznania budowy, składu, zmienności oraz właściwości tych związków oraz ich wpływu na inne mikroorganizmy. Można się spodziewać odkrycia wielu cennych związków z grupy polisacharydów, białek, fenoli i innych dotąd nieznanymi strukturami o niezwykłych właściwościach. Praca pana mgr. Artura Nowaka wskazuje jakimi metodami można i należy się posługiwać, żeby osiągnąć ten cel. Eksperyment zaplanowano logicznie, badania były pracochłonne, wymagające technicznie, wykonano je z zastosowaniem tradycyjnych i nowoczesnych technik laboratoryjnych. Dokumentacja wyników jest rzetelna i staranna. Badania dotyczą ważnej tematyki i wpisują się obecnie preferowany nurt poszukiwań i analizy bioróżnorodności tkwiącej w naturze. Badane związki, po rozwikłaniu tajemnic tkwiących w ich budowie i właściwościach, mogą przyczynić się nie tylko do poszerzenia naszej wiedzy, lecz także do jej wykorzystania w praktyce.

Pan mgr. Artur Nowak zajął się ważną i aktualną problematyką badawczą. W ramach swojej pracy doktorskiej zoptymalizował warunki hodowli wybranych gatunków trzech gospodarczo ważnych i powszechnych w przyrodzie rodzajów grzybów, oznaczył budowę i strukturę tworzonych przez nie polimerów zewnątrzkomórkowych i dokonał charakterystyki ich właściwości. Praca jest obszerna lecz przygotowana bardzo starannie, czytelna i klarowna w opisie. Wnioski szczegółowe i wniosek ogólny wynikają z wykonanych eksperymentów. Badania przeprowadzono przy zastosowaniu odpowiednich technik mikrobiologicznych i chemicznych. Rozprawa doktorska mgr. Artura Nowaka w istotny sposób przyczynia się do poszerzenia wiedzy mykologicznej związanej z możliwością uzyskania polimerów zewnątrzkomórkowych grzybów strzępkowych i opracowania takich warunków ich hodowli, by zwiększyć zawartość pożądanego związku.

Na podstawie jakości rozprawy doktorskiej oraz życiorysu naukowego przedstawionego na stronach 293-298 załączonej rozprawy (Aneks 12) pan mgr Artur Nowak jawi się jako ambitny młody badacz, zaangażowany w życie naukowe i rozumiejący charakter wykonywanej pracy.

Nie mam najmniejszych wątpliwości, że przesłana do oceny praca doktorska pana mgr. Artura Nowaka pt. „Charakterystyka zewnątrzkomórkowych polimerów uzyskanych z hodowli wybranych grzybów Ascomycota” **spełnia wymagania ustawy o stopniach i tytule naukowym**. Badania dotyczą dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w obrębie dyscypliny nauk biologicznych. Wyniki badań przedstawionych w niniejszej rozprawie doktorskiej wnoszą nową wiedzę na temat polimerów zewnątrzkomórkowych tworzonych przez grzyby Ascomycota. Wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Nauk Biologicznych Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie o dopuszczenie mgr. Artura Nowaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Przez wzgląd na wysoki poziom merytoryczny i edytorski pracy, jej nowatorstwo, zastosowanie zaawansowanych technik badawczych oraz potencjał aplikacyjny wnoszę o **wyróżnienie pracy** powołując się na argumentację przytoczoną powyżej.



Małgorzata Jędrzycka