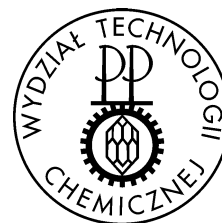




**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**  
**INSTYTUT TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ**  
Berdychowo 4, 60-965 Poznań  
tel. 61 665-37-16, fax 61 665 36 49  
e-mail: lukasz.chrzanowski@put.poznan.pl  
*dr hab. inż. Łukasz Chrzanowski*  
*Zakład Chemii Organicznej*



Poznań, 02.01.2020

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr Adriana Sobonia**  
**pt. „Zmiany w metabolomie i proteomie *Cunninghamella echinulata* w trakcie biodegradacji**  
**tributylocyny”**

Oceniana praca doktorska została wykonana w Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii, Instytutu Mikrobiologii, Biotechnologii i Immunologii Wydziału Biotechnologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Jerzego Długońskiego oraz promotora pomocniczego dr Rafała Szewczyka.

**Podstawa wykonania recenzji**

Recenzję wykonałem w oparciu o uchwałę Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne z dnia 26 listopada 2019 roku, a także pisma Przewodniczącego w. w. Komisji Prof. dr hab. Andrzeja Kruka, z dnia 27 listopada 2019 roku oraz dostarczonego egzemplarza pracy doktorskiej.

**Charakterystyka tematyki pracy doktorskiej**

Organiczne związki cyny zostały otrzymane w latach 20-tych XX wieku i wtedy po raz pierwszy zwrócono uwagę na ich silne działanie biobójcze. W latach 30-tych zaczęto formułować pierwsze preparaty komercyjne oparte na butylowych pochodnych cyny (IV), jednak dopiero po II Wojnie Światowej zyskały one duże znaczenie praktyczne co nierozzerwanie związane jest ze wzrostem produkcji. Powszechnie stosowano je w postaci pochodnych tributyllocyny jako dodatek do farb zabezpieczających kadłuby jednostek pływających oraz konstrukcji platform wiertniczych itp. przed ich porastaniem przez szereg mikro i makroorganizmów. Do czasu wprowadzenia tak skutecznych biocydów, podwodne części kadłubów porastały małżami, które zmieniały profile przepływu wody wokół kadłuba, zwiększając opory przepływu, zmniejszając prędkość statku oraz zwiększając zużycie paliwa. Osobnym zagadnieniem jest zjawisko korozji prowadzące do perforacji blach poszycia kadłuba. Wymuszało to konieczność regularnego oczyszczania kadłubów statków po uprzednim skierowaniu do suchych doków. Wszystko to związane było z kosztami, stąd wprowadzenie tributyllocyny, która w bardzo skuteczny sposób ograniczała częstotliwość oczyszczania kadłubów, zyskało powszechną akceptację w transporcie morskim. Od końca lat 70-tych XX wieku wraz z rozwojem technik analitycznych możliwe stało się oznaczanie wielu związków w próbkach środowiskowych. Wtedy też po raz pierwszy opisano obecność biocydów opartych na organicznych pochodnych cyny w środowisku naturalnym. W kolejnych latach opisano procesy akumulacji tego typu hydrofobowych związków w osadach dennych, a następnie w powiązanych z nimi wyższymi organizmami. Od lat 90-tych pojawiają się prace proponujące szlaki metaboliczne polegające na detoksyfikacji tributyllocyny poprzez stopniową dealkilację prowadzącą do cyny nieorganicznej, jednak wszystkie mają charakter badań wstępnych. Dopiero wiek XXI i dalszy rozwój oraz rozpowszechnienie aparatury badawczej pozwoliło na bardziej precyzyjne monitorowanie procesów biodegradacji metaloorganicznych pochodnych cyny. Postępujący wzrost

świadomości ekologicznej w połączeniu z wynikami prowadzonych badań i wnioskami o zdecydowanie negatywnym oddziaływaniu tributyllocyny na ekosystemy spowodował, że kraje rozwinięte wprowadziły zakaz stosowania tego typu związków jako biocydów w powłokach malarskich. Nadal jednak związki te są stosowane w krajach o niskiej kulturze technicznej i niskiej świadomości ekologicznej. Co więcej, tributyllocyna przez dziesięciolecia gromadziła się w wielu, często nawet niespodziewanych, niszach środowiskowych, stąd też nie należy spodziewać się, że wprowadzony zakaz samoistnie rozwiąże problem. W chwili obecnej obecność metaloorganicznych związków cyny w poszczególnych elementach ekosystemów jest monitorowana przez wiele ośrodków naukowych czy agencji rządowych. Ponadto wielu naukowców stara się dogłębnie zrozumieć rolę poszczególnych mikroorganizmów w transformacji związków cyny a także zaproponować opis ich skomplikowanego mechanizmu działania toksycznego.

Jak widać z powyższego wprowadzenia, tematyka badawcza podjęta przez Pana mgr Adriana Sobonia jest bardzo aktualna i dotyczy zagadnienia o globalnym znaczeniu. Doktorant skoncentrował swoją uwagę na grzybie *Cunninghamella echinulata*, który posiada zdolność do metabolizowania tributyllocyny, a następnie wnikliwie przeanalizował zmiany w jego metabolomie i proteomie. Badania podjęte w niniejszej pracy doktorskiej przyczyniają się do lepszego zrozumienia negatywnego wpływu tributyllocyny na mikroorganizmy, a także pozwalają zrozumieć ich mechanizmy obronne wnosząc wiele elementów nowości naukowej do obecnego stanu wiedzy.

### Formalna ocena pracy doktorskiej

Praca doktorska Pana mgr Adriana Sobonia została zrealizowana i przedstawiona jako cykl trzech spójnych tematycznie prac doświadczalnych opublikowanych na łamach czasopism z listy filadelfijskiej:

- Soboń A., Szewczyk R., Długoński J. (2016). Tributyltin (TBT) biodegradation induces oxidative stress of *Cunninghamella echinulata*, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 107, 92-101, *IF*=2,962
- Soboń A., Szewczyk R., Różalska S., Długoński J. (2018). Metabolomics of the recovery of the filamentous fungus *Cunninghamella echinulata* exposed to tributyltin, *International biodeterioration and biodegradation*, 127, 130-138, *IF*=3,828
- Soboń A., Szewczyk R., Długoński J., Różalska S. (2019). A proteomic study of *Cunninghamella echinulata* recovery during exposure to tributyltin, *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 32545-32558, *IF*=2,914

Wszystkie wymienione powyżej czasopisma są doskonale rozpoznawalne w środowisku mikrobiologów zajmujących się zagadnieniami środowiskowymi i cieszą się dobrą opinią. Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że we wszystkich pracach Doktorant jest pierwszym autorem (równocześnie jedynym doktorantem), a to zwyczajowo odpowiada roli osoby wykonującej większość badań laboratoryjnych. Znajduje to pełne potwierdzenie w oświadczeniach współautorów (przedstawionych na stronach 75-78), zgodnie z którymi udział mgr Adriana Sobonia wynosi odpowiednio 60%, 65% oraz 70%.

Ponieważ we współczesnym świecie realizacja zaawansowanych badań możliwa jest wyłącznie pod warunkiem posiadania odpowiednich środków finansowych, należy podkreślić rolę dwóch projektów Narodowego Centrum Nauki, które umożliwiły prowadzenie prac badawczych:

- Mikrobiologiczna degradacja ksenoestrogenów i estrogenów w obecności metali ciężkich i NaCl, **Opus** 2011/01/B/NZ9/02898; kierownik - prof. dr hab. Jerzy Długoński
- Zmiany w proteomie grzyba strzępkowego *Cunninghamella echinulata* podczas degradacji organicznych związków cyny, **Preludium** 2014/13/N/NZ9/00878; kierownik - mgr Adrian Soboń

Dodatkowym źródłem finansowania była: „dotacja celowa na działalność związaną z prowadzeniem badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich” (przyznana przez Dziekana Wydziału BiOŚ w latach 2014, 2015 oraz 2016) a także program stypendialny: „Doktoranci – Regionalna Inwestycja w młodych naukowców nauk przyrodniczych i technologicznych – Akronim D-RIM BIO” współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał

Należy podkreślić, że pod względem formalnym niniejszy doktorat oparto na bardzo czytelnym zestawie opublikowanych artykułów, który w jednoznaczny sposób pozwala określić zakres prac wykonanych przez Doktoranta. Liczba artykułów również odpowiada średniej liczbie prac włączanych do rozpraw doktorskich w międzynarodowym środowisku naukowym i jest ona w 100% adekwatna do czasu trwania doktoratu oraz specyfiki prowadzonych badań. Pragnę podkreślić, że jest to wzorcowo przygotowany doktorat w układzie zbioru publikacji. W sposób szczególny należy wyróżnić kierowanie przez Doktoranta projektem Preludium finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki.

Układ pracy jest typowy dla doktoratów tego typu. Całość pracy zawarto na 78 stronach. Po stronie tytułowej oraz stronie z podziękowaniami, znajduje się spis treści, a także informacje o źródłach finansowania prac wchodzących w skład doktoratu. Na osobnej stronie wyraźnie określono jakie prace stanowią podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora. Podano również wartość współczynnika oddziaływania (IF) oraz punkty ministerialne (MNIŚW). Kolejne dwie strony zawierają informacje o publikacjach Doktoranta, które nie wchodzą w zakres rozprawy doktorskiej, a stanowią dowód dużej aktywności naukowej mgr Adriana Sobonia. W pracy umieszczono, zgodnie z wymogami, dwustronicowe streszczenie w języku polskim i jego odpowiednik w języku angielskim. Trzystronicowe wprowadzenie kończy się wyraźnie sformułowanym celem pracy, w ramach którego trafnie wyodrębniono następujące zadania badawcze:

- określenie zdolności grzyba strzępkowego *Cunninghamella echinulata* IM 2611 do degradacji TBT
- ocenę wpływu TBT na wzrost, aktywność metaboliczną oraz morfologię drobnoustroju
- analizę metabolomu i proteomu *Cunninghamella echinulata* w czasie ekspozycji na TBT

Następnie Doktorant przedstawił metodologię badań, w której klarownie określił jakimi technikami analitycznymi się posługiwał przy realizacji poszczególnych etapów badań. Ponadto na dwóch stronach zawarto krótki opis wykorzystanego oprogramowania wraz z syntetycznym opisem jakie dane analizowano. Na kolejnych 6 stronach umieszczono syntetyczne omówienie wyników przedstawionych w opublikowanych artykułach naukowych.

W dalszej części pracy zamieszczono pełne wersje 3 opublikowanych artykułów naukowych wraz z dodatkowymi danymi (**Supplementary Information**). Na stronie 70-71 znajduje się podsumowanie wraz z wnioskami końcowymi. Całość pracy zamyka spis literatury uzupełniającej (2 strony) oraz 4 strony oświadczeń dotyczących udziału współautorów w artykułach naukowych stanowiących podstawę postępowania o nadanie stopnia doktora.

Wprowadzenie oraz omówienie wyników napisane są poprawnym stylistycznie językiem, z bardzo niewielkimi uchybieniami, które podano poniżej:

- str. 12 „...trójpodstawione połączenia cynoorganiczne...” – raczej trialkilowe pochodne cyny (IV)
- str. 19 „...z moim udziałem...” – udziałem
- str. 20 „...stres oksydacyjny...” – jedna kropka na końcu zdania
- str. 20 „...tajże...” – także

### Ocena merytoryczna pracy doktorskiej

Przystępując do merytorycznej oceny pracy doktorskiej należy zwrócić uwagę na bardzo dobre rozeznanie Doktoranta w tematyce badawczej. Wśród cytowanych prac znajdują się pozycje podstawowe, a także zdecydowana większość prac nowych, z ostatnich lat. Dla dokładności, w pierwszej publikacji na 51 pozycji, tylko 3 pozycje opublikowano przed rokiem 2000. W drugiej publikacji na 37 pozycji jedna pochodzi sprzed roku 2000, natomiast w trzeciej pracy, również tylko jedna pozycja na 58 pochodzi sprzed roku 2000. Warto również zauważyć, że Doktorant dokonał krytycznej selekcji, eliminując prace o nikomej wartości naukowej, które niestety są obecne w dostępnych bazach np. **Scopus**. Biorąc pod uwagę wnikliwe studia literaturowe, nie jest niczym niezwykłym fakt, że Doktorat potrafił bardzo trafnie zorientować się w obecnym stanie wiedzy. Co więcej, mając do dyspozycji bogato wyposażony warsztat badawczy, zaproponował wykorzystanie najnowocześniejszych technik do analizy procesu biodegradacji tributyllocyny przez wybrany mikroorganizm oraz co ważniejsze, podjął próbę opisu zmian adaptacyjnych zachodzących w badanym

mikroorganizmie. W konsekwencji podany w doktoracie cel badań jest czytelny i bardzo dobrze koresponduje z obecnym stanem wiedzy. Całościowo badania charakteryzują się wieloma elementami nowości naukowej, a analizy metabolomu i proteomu w odniesieniu do mikroorganizmu degradującego tributyllocynę posiadają znamiona nowatorstwa, co zdaniem Recenzenta zadecydowało o przyznaniu środków finansowych w ramach projektu Preludium. Równocześnie badania spełniają w 100% kryteria badań podstawowych, a jedynym ich celem jest zdobycie nowej wiedzy. Elementy praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników mają więc znaczenie drugorzędne.

Szczegółowa analiza załączonych prac badawczych nasunęła Recenzentowi pewne komentarze, sugestie i pytania:

- Praca 1; Wybór mikroorganizmu jest bardzo trafny. *Cunninghamella echinulata* od pewnego czasu znajduje się w kręgu zainteresowań biotechnologów, częściowo ze względu na zdolność do produkcji kwasu  $\gamma$ -linolenowego, ale także z powodu akumulacji wybranych metali. Właśnie z tego powodu, należałoby się spodziewać wielopoziomowej adaptacji tego grzyba do obecności metali. Stąd też Doktorant bardzo świadomie wyselekcjonował obiekt swoich badań.
- Praca 1; Czy zastosowane stężenie chlorku tributyllocyny (5 mg/L) ma uzasadnienie środowiskowe czy raczej wynika ze zdolności biodegradacyjnych wybranego mikroorganizmu ? a może z toksyczności ? Jakie jest typowe stężenie tributyllocyny w osadach dennych a jakie w wodach powierzchniowych ? Prosiłbym o rozwinięcie tej kwestii i wykazanie czy wybrany grzyb *Cunninghamella echinulata* jest przedstawicielem mikroorganizmów wyjątkowo dobrze degradujących metaloorganiczne związki cyny czy raczej typowym przykładem wśród innych grzybów i bakterii o zdolnościach do rozkładu tego typu związków.
- Praca 1; Zdaniem Recenzenta warto byłoby przeprowadzić bilans masowy dla wprowadzonego chlorku tributyllocyny i wszystkich metabolitów pośrednich oraz wyznaczyć dla nich połowiczny okres biodegradacji. Tego typu dane pozwalają na ciekawe porównania zdolności badanego grzyba z innymi mikroorganizmami.
- Praca 1; Chociaż znany jest szereg toksyczności alkilowych pochodnych cyny, warto rozważyć wykonanie pomiarów toksyczności dla wybranego grzyba i zestawić je jako wartości np. EC<sub>10</sub>, EC<sub>50</sub>, EC<sub>90</sub>. Ponadto, konsekwentnie wszystkie późniejsze analizy proteomu czy metabolomu można by wykonywać przy znanych wartościach EC, dzięki czemu opublikowane dane stały by się odnośnikiem, zdefiniowanym wzorcem dla innych badaczy, znacząco wpływając na cytowanie prac.
- Praca 1; Interesującym zagadnieniem jest kwestia ewentualnej akumulacji jonów cyny przez *Cunninghamella echinulata*. Zdaniem Recenzenta warto byłoby sprawdzić czy i w jaki ewentualnie sposób grzyb gromadzi nieorganiczną cynę – tym bardziej, że znany jest ze zdolności do akumulacji wybranych metali, a w związku z tym bierze się go pod uwagę przy technikach oczyszczania wody. Możliwe, że wyniki dałoby się skorelować z analizami metabolomu i proteomu.
- Praca 1, **Materials and Methods**; W tej pracy nie podano konkretnych nazw użytych związków metaloorganicznych, jednak w Pracy 2 i 3 widnieją pełne nazwy. Można założyć, że Doktorant podczas wszystkich eksperymentów stosował te same związki – chlorki. W innym przypadku proszę Doktoranta o słowo wyjaśnienia.
- Praca 1; W pracy tej zidentyfikowano hydroksylową pochodną tributyllocyny, której powstanie Doktorant przypisuje aktywności analizowanego grzyba. Zdaniem Recenzenta niekoniecznie jest to wynikiem działalności grzyba a raczej chemicznej natury chlorku tributyllocyny, który ulega powolnej hydrolizie właśnie do odpowiedniej hydroksypochodnej, dużo stabilniejszej w środowisku naturalnym. Warto zwrócić uwagę, że większość komercyjnych preparatów zawierających w swoim składzie tributyllocynę, bazuje na tlenowych wiązaniach pomiędzy atomem cyny, który stabilizuje związek. Najlepszym przykładem jest tlenek tributyllocyny, najczęściej stosowany biocyd. Co więcej, degradacja tributyllocyny polegająca na ataku silnie **elektrofilowych** rodników OH na  $\alpha$  węgiel łańcucha alkilowego połączonego z cyną będzie przebiegać zdecydowanie łatwiej w przypadku

neutralizacji ładunku tributylocyny przez grupę  $\text{OH}$ . Tego typu mechanizm dokładnie opisano w odniesieniu do procesów chemicznych, a biorąc pod uwagę naturę działania monooksygenaz, można spodziewać się bardzo zbliżonego mechanizmu. Każdy rodnik biorący udział w tym procesie będzie miał charakter elektrofilowy, stąd też preferowany będzie atak na węgiel  $\alpha$ , a także  $\beta$ . W najmniejszym stopniu oczekiwać należy ataku na skrajny węgiel –  $\omega$ , gdyż taki układ będzie energetycznie niekorzystny, jakkolwiek również będzie występować, ale w dużo mniejszym stopniu.

- Praca 2; Jak słusznie wykazał Doktorant, metaloorganiczne związki cyny wykazują szereg niekorzystnych działań, które się wzajemnie nakładają i są trudne do opisanego za pomocą tradycyjnych badań. Zastosowanie analizy metabolomu pozwala w sposób bardziej całościowy spojrzeć na toksyczne działanie tributylocyny. Doktorant opisał aktywność metaboliczną i w podsumowaniu (strona 137 pracy) wskazał najbardziej newralgiczne elementy, a także zaproponował do pewnego stopnia strategię przetrwania grzyba polegającą na minimalizacji pewnych działań na koszt tych najważniejszych (np. zwalczanie stresu oksydacyjnego). Ponieważ pierwszym mechanizmem obronnym przed wnikaniem hydrofobowych związków jest adaptacja membrany komórkowej, warto byłoby również przeanalizować ten aspekt. Recenzent jest świadomy, że podobne badania zapoczątkował prof. Długoński wraz z prof. Bernatem (Doktorant odnosi się do tych prac wielokrotnie) jednak połączenie wszystkich analiz mogłoby dostarczyć odrobinę więcej informacji dla Doktoranta.
- Praca 3; Niezmiernie ciekawe są obserwacje dotyczące wpływu tributylocyny na formowanie cytoszkieletu a także indukcji wakuolizacji i plazmolizy. Co prawda dostępne raporty wskazują, że metaloorganiczne związki cyny potrafią zakłócić gospodarkę jonów  $\text{Ca}^{2+}$  jednak tylko nieliczne prace starają się zaproponować możliwy mechanizm działania wykorzystując najnowsze techniki. Zachęcałbym do przeanalizowania zebranych danych i ewentualnie zasugerowania bardziej komplementarnego spojrzenia na działanie związków cyny na cytoszkielet, co z pewnością spotkałoby się z dużym oddźwiękiem społeczności naukowej.
- Praca 3; Szczególnie interesujący jest rysunek 3, który w bardzo przejrzysty sposób przedstawia wpływ tributylocyny na pozyskiwanie energii i minimalizację stresu oksydacyjnego. Analizując ten rysunek nasuwa się sugestia aby Doktorant podsumował cykl wszystkich swoich badań i poczynionych obserwacji właśnie za pomocą wielopoziomowego schematu pokazującego odpowiedź *Cunninghamella echinulata* na obecność tributylocyny. Do chwili obecnej nie ma ani jednej pracy, która w taki sposób podsumowałaby obecny stan wiedzy, równocześnie wskazując kierunki dalszych badań.
- Prace 2, 3; Ważnym wydaje się powiązanie zaobserwowanego stresu oksydacyjnego (nadprodukcja RFT w strzępkach grzyba) ze zwiększoną biosyntezą białek szoku cieplnego Hsp70 i Hsp71 (markery stresu oksydacyjnego), a także aktywacją nieenzymatycznych i enzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych - akumulacją betainy, proliny i GABA, oraz zwiększoną biosyntezą dysmutazy nadtlenkowej cynkowo-miedzianowej (Cu-Zn) i manganowej (Mn), tioredoksyny, redoksyny oraz peroksyredoksyny.
- Prace 2, 3; Doktorant trafnie scharakteryzował zmiany profilu metabolomicznego grzyba, który neutralizował negatywny wpływ obecności tributylocyny, gromadzeniem w grzybni metabolitów glikolizy i szlaku pentozofosforanowego, co ciekawe, przy równoczesnym spadku stężenia kluczowych związków uczestniczących w cyklu Krebsa. Zaobserwował również zwiększoną biosyntezę białek zaangażowanych w produkcję energii (ATP) na drodze oddychania komórkowego. Tego typu podstawowe informacje pozwalają dostrzec jak wielopłaszczyznowy, negatywny wpływ wywołują związki metaloorganiczne cyny.
- Prace 1, 2 i 3; Warto podkreślić, że Doktorant prowadzi dojrzałą dyskusję naukową opierając się wyłącznie na faktach. W żadnym momencie nie spekuluje i nie wykazuje tendencji do nadinterpretowania uzyskanych danych. Liczą się tylko fakty potwierdzone naukowo. Chciałbym w szczególny sposób zasignalizować ten fakt, gdyż zasługuje on na wyróżnienie.

Po wnikliwym zapoznaniu się z pracą doktorską należy wyróżnić bardzo duży wkład własnej pracy Doktoranta. Należy podkreślić, że jest to praca przemyślana, wymagająca umiejętności praktycznych, oraz doskonale zinterpretowana. Jest to również wzorcowa praca doktorska zrealizowana w formie zbioru publikacji opatrzonej komentarzem autorskim. Pomimo pewnych uwag i sugestii bardzo wysoko oceniam ją pod względem merytorycznym i wnoszę do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego ds. stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne o jej wyróżnienie.

### Uzasadnienie wyróżnienia

W niniejszej pracy doktorskiej należy w sposób szczególny zwrócić uwagę na następujące kwestie:

- doskonałe przygotowanie merytoryczne Doktoranta w obrębie tematyki badawczej;
- celny wybór celu pracy wraz z późniejszym wykorzystaniem nowoczesnych technik badawczych co przekłada się na wiele elementów nowości naukowej oraz w pewnym zakresie również nowatorstwa;
- pozyskanie i kierowanie przez Doktoranta własnym projektem badawczym – Preludium, NCN;
- merytoryczna i dojrzała dyskusja naukowa poparta we wzorowy sposób własnymi wynikami badań;
- komplementarność wszystkich prac wchodzących w zakres doktoratu.

Wszystkie powyższe elementy składają się na bardzo dobrą, nowoczesną pracę doktorską, która nie jest odtwórcza, ale wnosi dużo elementów nowości naukowej do nauk biologicznych. Ponadto, biorąc pod uwagę bardzo duże zaangażowanie Doktoranta w realizację swoich badań wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy.

### Wniosek końcowy

Analizując niniejszą pracę doktorską pod kątem aktualności i oryginalności podjętych badań można z całą pewnością stwierdzić, że Autor z sukcesem odnalazł swoją niszę badawczą, a zrealizowane przez Niego badania będą interesujące dla szeregu naukowców zainteresowanych biodegradacją tributyllocyny, a przede wszystkim analizą mechanizmów obronnych mikroorganizmów.

Reasumując, przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską mgr Adriana Sobonia pt. „**Zmiany w metabolomie i proteomie *Cunninghamella echinulata* w trakcie biodegradacji tributyllocyny**” oceniam bardzo pozytywnie oraz stwierdzam, że spełnia ona wszelkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim {określone w art. 31 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U z 2017 r., poz. 1789) także w art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę, które stanowią, że przewody doktorskie, (...), wszczęte i niezakończone przed dniem wejścia w życie ustawy, o której mowa w art. 1, są przeprowadzane na zasadach dotychczasowych, z tym że jeżeli nadanie stopnia doktora, (...), następuje po dniu 30 kwietnia 2019 r. stopień (...) nadaje się w dziedzinach i dyscyplinach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 5 ust. 3 tej ustawy} i wnoszę o dopuszczenie mgr Adriana Sobonia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem,



dr hab. inż. Łukasz Chrzanowski