



dr hab. inż. Katarzyna Gorazda prof. PK  
Katedra Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska  
Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej  
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej  
Politechnika Krakowska  
Ul. Warszawska 24  
31-155 Kraków

Kraków, 14.11.2020 r.

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Radosława Wilka**

**pt.: “Innowacyjna technologia ekstraktów glonowych-komponentów pasz,  
nawozów i kosmetyków”**

opracowana na zlecenie Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej

## 1. Ocena wyboru tematyki pracy

W dobie znacznego wykorzystania surowców nieodnawialnych, postępującej degradacji środowiska naturalnego i problemów z rosnącą ilością generowanych odpadów, poszukiwane są rozwiązania technologiczne, które wpisują się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). Ogłoszony w grudniu 2015 r. pakiet propozycji (circular economy package) promuje zastosowanie modelu biznesowego opartego na surowcach cyrkularnych. Polega on na oparciu produkcji na surowcach możliwych do wykorzystania w zamkniętym obiegu, które są pozyskiwane z recyklingu lub są odnawialne i jednocześnie możliwe do zwrócenia do cykli technicznych lub biologicznych. W pakiecie GOZ wyszczególnione zostało pięć obszarów priorytetowych wymagających szczególnego podejścia, w których znalazła się biomasa i bioprodukty.

Tematyka podjęta w pracy doskonale wpisuje się w poszukiwanie rozwiązań zgodnych z gospodarką o obiegu zamkniętym wykorzystując biomasę glonów jako surowiec odnawialny o doskonałych parametrach do zastosowań nawozowych, paszowych czy kosmetycznych. Zdolność alg do kumulowania mikro- i makroelementów w formie łatwo przyswajalnej, bogactwo składników odżywczych tj. białka, nienasycone kwasy tłuszczowe, witaminy, antyoksydanty, związki biologicznie czynne ( mukopolisacharydy, polifenole, karotenoidy i chlorofile) sprawia, że stanowią one doskonały surowiec do produkcji biostymulatorów roślinnych, prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt czy formulacji kosmetycznych.

W pracy podjęto zagadnienie opracowania innowacyjnej technologii izolowania składników bioaktywnych z biomasy stosując ekstrakcję ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym uznawaną za metodę proekologiczną, eliminującą stosowanie rozpuszczalników organicznych, ich separację i regenerację. Ekstrakty pozyskane w ten sposób z biomasy alg nie są jeszcze przedmiotem obrotu rynkowego w Polsce.

**W mojej opinii podjęta tematyka pracy nosi znamiona nowości naukowej, jest aktualna i wynika z zapotrzebowania rynku na nowoczesne, ekologiczne preparaty o działaniu biostymulującym wspierające model zrównoważonego przemysłu.**

## 2. Ogólna charakterystyka i struktura rozprawy

### 2.1. Część literaturowa

Przedstawiona do recenzji rozprawa zawarta została na 162 stronach i podzielona na sześć rozdziałów. W przeglądzie piśmiennictwa autor wprowadza w zagadnienia realizowane w pracy badawczej. W podrozdziale 2.1. charakteryzuje możliwość zastosowania alg jako surowców do produkcji nawozów, pasz oraz kosmetyków, skupiając się głównie na biostymulatorach wspomagających odporność na czynniki wywołujące stres biotyczny i abiotyczny oraz charakterystyce ich rynku. Po analizie 56 preparatów autor wykazuje, że nie ma na polskim rynku preparatów o działaniu biostymulującym na bazie ekstraktów z alg pozyskiwanych w wyniku ekstrakcji CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym, które bazując na surowcu naturalnym miałyby zastosowanie w rolnictwie oraz uprawach ekologicznych, potwierdzając tym samym zasadność prowadzonych badań.

W podrozdziale 2.2. przedstawiono rynek prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt i wykazano potrzeby zwiększenia spektrum dodatków paszowych opierających się na preparatach



algowych jako jednego z najlepszych źródeł składników bioaktywnych wpływających korzystnie na parametry hodowli zwierzęcej i wytwarzanych produktów.

W podrozdziale 2.3. znalazła się natomiast charakterystyka rynku produktów kosmetycznych i opis spektrum działania komponentów algowych w kosmetykach, kosmoceutykach i nutraceutykach.

W dalszej części przeglądu literaturowego autor skupił się na opisie technologii ekstrakcji CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym podkreślając, że metoda ta nie znalazła do tej pory zastosowania w przypadku ekstrakcji z biomasy z alg, co czyni zasadnym podjęcie prac badawczym w tym kierunku.

W podrozdziale 2.5. scharakteryzowano poszczególne etapy produkcji ekstraktów algowych stosowane na skalę przemysłową, dzieląc je na etap namnażania biomasy, zbioru oraz ekstrakcji (upstream processing) oraz samego uzdatnienia ekstraktów do dalszego zastosowania w formułacjach (downstream processing). Autor skupił się również na możliwościach pozyskiwania materiału z naturalnych zbiorników wodnych przedstawiając dostępność tego typu surowca w Polsce oraz techniczne sposoby jego zbierania. Właściwe przygotowanie ekstraktów o odpowiednich parametrach, trwałości i funkcjonalności jest równie ważnym etapem decydującym o powodzeniu rynkowym danego produktu, co opisano w niniejszym rozdziale, charakteryzując poszczególne czynności i pożądane parametry uzyskiwanych produktów w postaci biostymulatorów, kosmetyków czy dodatków paszowych. Autor charakteryzuje również pozostałe składowe formułacji oraz parametry fizyko-chemiczne i typy formułacji w zależności od ich przeznaczenia.

**W części literaturowej udowodniono innowacyjność i potrzebę prowadzonych prac badawczych opierając się na 124 pozycjach literaturowych, w tym 5 współautorstwa Doktoranta, opublikowanych w latach 1980-2017 oraz 7 źródłach internetowych.**

## 2.2. Cel zakres pracy i metodyka badawcza

W rozdziale 3 jasno zdefiniowano cel pracy, którym było opracowanie technologii wytwarzania biopreparatów zawierających substancję aktywną w postaci ekstraktów z biomasy alg pozyskanych metodą ekstrakcji CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym. Badania zaplanowano w sposób kompleksowy i podzielono na kilka faz począwszy od zakupu surowców w postaci produktów komercyjnych oraz pozyskania biomasy alg bałtyckich wraz z ich uzdatnianiem, poprzez wytworzenie ekstraktów algowych w skali laboratoryjnej i ćwierć-technicznej oraz ich charakterystykę. W kolejnym etapie zaplanowano wytworzenie prototypów formułacji stanowiących biostymulatory wzrostu roślin, prozdrowotne dodatki do żywienia zwierząt i kosmetyki oraz sprawdzono ich właściwości użytkowe odpowiednio w testach *in vitro* i *in vivo* na roślinach, w badaniach na zwierzętach oraz określono wpływ na skórę preparatów kosmetycznych. Wyselekcjonowano najkorzystniejsze formułacje i wykonano badania oraz działania w celu ich rejestracji i możliwej dystrybucji sporządzając karty technologiczne i karty charakterystyki.

Opis metodyki badawczej przedstawiony został w rozdziale 4 gdzie scharakteryzowano stosowane surowce algowe (algi bałtyckie, *Spirulina platensis*, *Schizochytrium limacinum*, *Ascophyllum nodosum*), opisano proces pozyskiwania i przygotowania biomasy alg bałtyckich oraz sposób ich ekstrakcji CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym. W tej części zawarto również metodykę przygotowania formułacji i ich skład oraz metodykę badań właściwości użytkowych biostymulantów roślinnych i dodatków do żywienia zwierząt. Szczegółowo zaplanowano doświadczenia szalkowe, wazonowe oraz badania polowe w trzech sezonach wegetacyjnych w latach 2012- 2015 i opisano



sposób oceny. Zastosowano trzy formułacje dodatków do żywienia zwierząt, których działanie przetestowano na kurach linii Isa Brown i oceniono według tylko częściowo scharakteryzowanych procedur. W rozdziale nie odniesiono się do formułacji kosmetycznych i sposobów wyznaczania ich użyteczności.

### 2.3. Wyniki badań, dyskusja i wnioski

Rozdział 5 zawiera wyniki badań oraz ich dyskusję. Scharakteryzowano warunki prowadzenia procesu ekstrakcji poszczególnych materiałów: alg bałtyckich, *Spirulina platensis*, *Schizochytrium limacinum*, *Ascophyllum nodosum* oraz podano skład chemiczny uzyskanych ekstraktów tylko w przypadku dwóch wybranych ekstraktów. Scharakteryzowane ekstrakty weszły w skład czterech formułacji biostymulatorów jako substancje aktywne oraz zostały stworzone formułacje wzbogacone w mikroelementy.

Przeprowadzone testy kiełkowania ogórka gruntowego z zastosowaniem trzech dawek preparatów 1, 2 i 3 l/ha w czterech powtórzeniach wykazały korzystne działanie na rośliny przyspieszając ich wschód, zwiększając ilość wykiełkowanych nasion oraz wysokość kiełków. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.15 i na wykresach 5.11-5.17. Wykazano że najlepsze efekty stymulujące uzyskuje się dla dawki 1 i 2 l/ha.

Biostymulatory na bazie ekstraktów z alg bałtyckich w dawce 2 l/ha zwiększały masę siewek o 5%, ilość wykiełkowanych nasion o 3,1% (dawka 1 l/ha) oraz powodowały wzrost długości siewek o 14,5% (dawka 2l/ha) jednocześnie pozytywnie wpływając na przyrost suchej masy roślin.

Biostymulatory na bazie ekstraktu z alg *Spirulina platensis* zwiększały ilość wykiełkowanych nasion o 3,12% (dawka 3 l/ha) oraz wzrost długości siewek o 24% (dawka 2 l/ha) jednocześnie pozytywnie wpływając na przyrost suchej masy roślin (6,5-7,1%) w dawce 1 l/ha.

Biostymulatory na bazie ekstraktu z alg *Ascophyllum nodosum* wpłynęły korzystnie na przyrost suchej masy roślin ( 5-6,6%) w dawce 1 l/ha, ilość wykiełkowanych nasion o 3,8% (dawka 1 l/ha) oraz wzrost długości kielek o 16-18,6% (dawka 2 l/ha).

Biostymulatory na bazie ekstraktu z alg *Schizochytrium limacinum* wpłynęły korzystnie na przyrost suchej masy roślin ( 5,6 %) w dawce 1l/ha i wzrost długości siewek o 23,8-27,3% (dawka 1l/ha).

Testy wazonowe czterech formułacji biostymulatorów wykonano na gorczycy białej w czterech powtórzeniach po 15 roślin każda, w dawce 1, 2 i 3 l/ha porównując liczbę roślin, masę części naziemnych roślin, masę systemu korzeniowego oraz zawartość chlorofilu a wyniki zestawiono w tabelach 5.16-5.18 oraz rysunkach 5.19-5.21. Wykazano najwyższy przyrost systemu korzeniowego dla biostymulatorów z alg *Spirulina platensis* w dawce 2 l/ha. Biostymulatory na bazie ekstraktu z alg *Ascophyllum nodosum* i *Schizochytrium limacinum* wpłynęły najkorzystniej na masę części naziemnej w dawce 1 i 2 l/ha. Na zmiany zawartości chlorofilu najkorzystniej wpłynęły natomiast preparaty z ekstraktem *Spirulina platensis* w dawce 2 l/ha. Wszystkie preparaty wykazały korzystny wpływ na analizowane parametry w dawce 1 lub 2 l/ha. Najlepsze rezultaty przyrostu świeżej masy o 20% wykazano dla biostymulatorów na bazie ekstraktów alg *Ascophyllum nodosum* i *Schizochytrium limacinum*.

Badania polowe prowadzono na różnych formułacjach biostymulatorów w latach 2012-2015 w odniesieniu do komercyjnych preparatów oraz kontroli, aby zweryfikować ich wpływ na plonowanie roślin, parametry ich wzrostu oraz rozwoju i odporność na choroby.



Badania w sezonie 2012/13 prowadzono na pszenicy ozimej dla formułacji na bazie ekstraktu z alg *Spirulina platensis* ( dawka 1,2 i 1,8 l/ha) w warunkach stresu bez nawożenia mineralnego. Nie stwierdzono działania fitotoksycznego, wigor roślin oceniono na 5 i był on podobny do próby kontrolnej, nie zaobserwowano również wylegania roślin. Uzyskano plon wyższy o 12% w stosunku do kontroli i 9,4% w stosunku do komercyjnego biostymulatora Asahi SL dla dawki 1,2 l/ha, ale nie była to różnica istotna statystycznie. Wybarwienie liści, wysokość roślin, krzewistość, liczba ziarniaków nie odbiegały od próby kontrolnej.

W sezonie 2013/14 do badań na pszenicy ozimej włączono trzy formułacje na bazie ekstraktów alg bałtyckich (dawka 1 l/ha), *Spirulina platensis* ( dawka 1 1,5 i 1,8 l/ha), *Ascophyllum nodosum* (dawka 1 l/ha) w odniesieniu do komercyjnych preparatów ( Forthial i Asahi SL) oraz kontroli. Nie uzyskano istotnego wpływu preparatów na wzrost roślin i plon ziarna. Dla liczby kłosów na metr kwadratowy najlepsze rezultaty uzyskano dla biostymulatorów na bazie ekstraktu z alg bałtyckich o 13,8% wyższe niż dla *Spirulina platensis*. Natomiast odwrotną zależność wykazano dla liczby ziaren w kłosie, która była o 6% wyższa niż dla grupy kontrolnej i 6,7% wyższa niż dla biostymulatorów na bazie alg bałtyckich.

W sezonie wegetacyjnym 2014/15 wprowadzono kolejne zmiany stosując formułację na bazie alg *Spirulina platensis* oraz stymulatora wzrostu Aminoprim w dawce 3x1,5 l/ha. Badania prowadzono na rzepaku ozimym i pszenicy ozimej uzyskując wzrost plonowania roślin w stosunku do grupy kontrolnej zawierającej tylko Aminoprim o 15% wyższy w przypadku rzepaku oraz o 7,6% w przypadku pszenicy. Preparat wykazał skuteczność w ograniczaniu wpływu czynników chorobotwórczych w zakresie 4-30% w przypadku pszenicy i do 8,2% dla rzepaku.

W badaniach formułacji prozdrowotnych do żywienia zwierząt wykorzystano trzy formułacje (SuplexanD-extra, SuplexanHepa-extra, SuplexanMulti-extra) na bazie ekstraktu z alg *Spirulina platensis* i podano je kurom nieśnym weryfikując czynniki produkcyjne tj. nieśność, jakość jaj (grubość skorupy, wytrzymałość skorupy, masa jaja, barwa żółtka i wysokość białka gęstego), odbiór przez konsumenta ( wygląd, zapach, tekstura białka i żółtka i smak) oraz wybrane parametry krwi (cholesterol, Alat, Aspat, HDL, ALP, trójglicerydy, fosfor, LDL, Ca,) oraz poziom przeciwciał IBV, NDV dla kur szczepionych otrzymujących preparat SuplexanMulti-extra. Preparaty nie wpłynęły na wyniki produkcyjne, stwierdzono jednak wzrost wytrzymałości skorup, wybarwienia żółtka, wysokości białka gęstego, lepszy smak i wygląd oraz teksturę białka. Nie odnotowano wpływu na parametry krwi kur, jednak zastosowanie preparatu SuplexanMulti-extra spowodowało wzrost przeciwciał przeciwko NDV.

W badaniach formułacji kosmetycznych wykorzystano peeling algowy na bazie ekstraktu ze *Spirulina sp.* i piasku morskiego z płukania alg, która to formułacja według Autora wykazywała działanie regenerujące i ujędniające oraz poprawiała koloryt skóry. W pracy brak jest jednak informacji o charakterystyce formułacji, sposobie wykonania badań oraz wyników badań potwierdzających wysunięty wniosek.

Przygotowano etykiety produktowe, instrukcje stosowania i karty charakterystyki dla kompozycji biostymulatora na na bazie ekstraktu *Spirulina platensis* o nazwie Algrow i mieszanki paszowej uzupełniającej SuplexanD-extra. Dla produktu SuplexanD-extra przygotowano również kartę technologii produkcji.



Przedstawiono koszty zbioru, przygotowania i wytworzenia ekstraktu na bazie alg bałtyckich, które oszacowano na poziomie 747 PLN/kg, natomiast koszt wytworzenia 1 l biostymulatora na bazie alg bałtyckich wyceniono na ok. 76 PLN.

Badania podsumowano w rozdziale 6 i wyciągnięto wnioski.

### 3. Pytania i uwagi dyskusyjne

Podczas analizy rozprawy doktorskiej przedstawionej do recenzji nasunęły się poniższe pytania i uwagi, które nie obniżają mojej pozytywnej oceny pracy, ale mogą pomóc w jej zrozumieniu i odbiorze:

1. Proszę o wyjaśnienie na jakiej podstawie dobrano warunki ekstrakcji biomasy CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym zawarte w tabeli 4.5 i 4.6., jak liczono wydajność ekstrakcji (str.96, tabela 5.4.), która frakcja materiału alg bałtyckich R, Z, czy G została poddana ekstrakcji i analizie (str.96, tabela 5.5.).
2. Dlaczego w rozdziale 5.2 i 5.4 nie scharakteryzowano składu chemicznego uzyskanych ekstraktów algowych.
3. Formulacje biostymulatorów wzrostu roślin do prób polowych są różne w każdym roku wegetacyjnym, proszę o wyjaśnienie na jakiej podstawie dokonywano ich selekcji.
4. Jaka jest charakterystyka i sposób przygotowania preparatu na bazie alg *Spirulina platensis* w połączeniu ze stymulatorem wzrostu Aminoprim wykorzystywanym w badaniach polowych w sezonie wegetacyjnym 2014/15.
5. Proszę o doprecyzowanie, które formulacje biostymulatorów wzrostu roślin stosowano w badaniach polowych AB, SP, AN i SL czy SM, BM i AM wzbogacone w mikroelementy. W pracy posługiwano się ekstraktami na bazie alg stosując dla nich skrót AB, SP, AN i SL natomiast w podsumowaniu mowa jest również o preparatach wzbogaconych w mikroelementy typu SM, BM i AM na temat których nie ma informacji w pracy ani też nie przedstawiono badań na ich temat.
6. Jaka jest charakterystyka ekstraktu z alg *Spirulina sp.*, wykorzystanego w formulacji peelingu i jaka jest charakterystyka tej formulacji kosmetycznej gdyż nie została ona przedstawiona w pracy.
7. W podsumowaniu w rozdziale 6 zaznaczono, że sporządzono około 20 baz kremowych i poddano je ocenie organoleptycznej, testom stabilności i potwierdzono ich czystość mikrobiologiczną. Badania te jednak nie znalazły się w pracy przedstawionej do recenzji. Proszę o wyjaśnienie tej rozbieżności.

#### Uwagi:

- W rozdziale 2.1. nie zawarto informacji o paszach i kosmetykach pomimo, że są przywołane w samym tytule. Autor skupił się na biostymulatorach stosowanych w uprawie roślin.
- W rozdziale 2.1. dokonano przeglądu i charakterystyki konkretnych preparatów rynkowych na bazie alg, podobna analiza wzbogacałby znacznie rozdział 2.2. dotyczący dodatków paszowych i rozdział 2.3. o rynku produktów kosmetycznych.

- W rozdziale 2.5.4. na str. 32 powołano się na uchylony akt prawny Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, który został uchylony dwoma kolejnymi aktami (2014 i 2020 roku) i obecnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2020 poz. 10). Ponadto podano dwucyfrowy kod odpadu, który charakteryzuje jedynie grupę i podgrupę w której powstają odpady natomiast nie charakteryzuje samej substancji. Prawidłowo mówiąc o kodzie odpadu powinno się mu przypisać kod 200301 -niesegregowane (zmieszane) odpady komunalne albo 200399 - odpady komunalne niewymienione w innych podgrupach.
- W rozdziale 4 nie odniesiono się do formulacji kosmetycznych i metodyki wyznaczania ich użyteczności.
- W rozdziale 4.3.4. dotyczącym metodyki badania formulacji prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt znalazła się metodyka analityczna stosowana do wszystkich ekstraktów algowych, oznaczania chlorofilu i karotenoidów w roślinach oraz analiza statystyczna. W mojej opinii powinna ona stanowić osobny podrozdział.
- W pracy kilkakrotnie przytoczono uchylone przepisy legislacyjne:  
Karta charakterystyki ALGROW (Str. 149 ):
  1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów,
  2. Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o opakowaniach i odpadach opakowaniowych
  3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej
  4. Oświadczenie Rządowe z dnia 23 marca 2011 r. w sprawie wejścia w życie zmian do załączników A i B Umowy europejskiej dotyczącej międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r.

Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 zastąpione przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007

W pracy występują drobne potknięcia edytorskie i powtórzenia danych tj.:

str. 41, Rozdział 2.6.4. tytuł „kosmetyczne do pielęgnacji ciała”

str. 75, 1 and 2

str. 76., Tabela 4.10, opis celu badania nie jest zgodny z testowanymi preparatami

str. 86, przywołana tabela. 4.12 odnosi się do badań polowych na truskawce, a nie do charakterystyki ekstraktu

str. 102, przywołana jest tabela 4.15 a powinna być to tabela 4.14.

str. 113 jest pusta

str. 115, z tabeli wynika, że najlepsze rezultaty daje ekstrakt *Spirulina placiensis* SP

str. 139, tabela 5.29-5.31 jest tożsama z tabelą 4.15-4.17



#### 4. Ocena końcowa

Rozprawa przedstawiona do recenzji została skonstruowana w sposób logiczny, płynnie wprowadza czytelnika w zagadnienia realizowanego tematu poprzez wyczerpującą analizę literatury oraz rynku preparatów na bazie ekstraktów algowych udowadniając, że podjęte zagadnienia badawcze stanowią rozwiązania innowacyjne wynikające z potrzeb rynkowych.

W mojej opinii cel pracy został osiągnięty, opracowano technologię wytwarzania biopreparatów (tj. biostymulatory, dodatki paszowe i kosmetyki) zawierających substancję aktywną w postaci ekstraktów z biomasy alg.

Innowacyjność technologii polega na zastosowanie metody ekstrakcji biomasy z alg CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym i wykorzystaniu ekstraktów do stworzenia efektywnych formułacji biopreparatów. Technologia została przetestowana zarówno w instalacji laboratoryjnej jak i ćwierćtechnicznej z określoną powtarzalnością i wydajnością, potwierdzając słuszność dobranych parametrów procesowych.

Działanie wytworzonych formułacji biopreparatów zostało potwierdzone w dobrze zaplanowanych i długoletnich badaniach na roślinach, zwierzętach oraz na skórze ludzkiej. Aby dopełnić proces badawczy przygotowano wytyczne technologiczne, karty charakterystyki i etykiety oraz przygotowano preparaty do certyfikacji.

W pracy przedstawionej do recenzji mgr. inż. Radosław Wilk jasno określił cel badań i sposób jego osiągnięcia, rozwiązał oryginalny problem naukowy opracowując innowacyjną technologię wytwarzania ekstraktów algowych stosowanych jako komponenty pasz, nawozów i kosmetyków, a wyniki jego badań stanowią pełną ofertę technologiczną gotową do wdrożenia. Potwierdził tym samym dobre opanowanie metodyki badawczej, umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia pracy badawczej oraz prezentacji i dyskusji wyników, ich interpretacji i wyciągania prawidłowych wniosków.

Dysertacja wnosi istotny wkład w zakresie poznawczym i użytkowym w zagadnienia pozyskiwania i przygotowania biomasy alg uwzględniając ich ekstrakcję z zastosowaniem ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym, poprzez określenie warunków prowadzenia procesu oraz warunków wytworzenia stabilnych formułacji końcowych o zweryfikowanych parametrach użytkowych.

**Uwzględniając powyższą opinię, uważam, że rozprawa mgr inż. Radosława Wilka zatytułowana: „Innowacyjna technologia ekstraktów glonowych-komponentów pasz, nawozów i kosmetyków”, spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki”. Wnoszę o przyjęcie niniejszej rozprawy i dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów postępowania i publicznej obrony.**



dr hab. inż. Katarzyna Gorazda prof. PK