

Prof. dr hab. inż. Janusz Igras

Łukasiewicz - Instytut Nowych Syntez Chemicznych w Puławach

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Radosława Wilka

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

1. Wprowadzenie

Permanentne zmiany zachodzące we współczesnej gospodarce światowej, a przede wszystkim ich intensywność i tempo wynikają z jednej strony z możliwości, jakie dają postęp technologiczny i wiedza, z drugiej zaś uwarunkowane są wielu ograniczeniami, m. in. w dostępie do zasobów naturalnych. Dlatego też strategie rozwoju poszczególnych branż gospodarki opierają się obecnie na rozwoju zrównoważonym, którego podstawą jest maksymalne dbanie o zasoby w przyrodzie i ich odtwarzanie w jak najszerszej skali i najszybszym stopniu. Jedną z kluczowych działalności gospodarczych jest rolnictwo, którego podstawową funkcją jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego dla społeczeństwa. Dlatego też nowoczesne technologie przyjazne środowisku oraz innowacyjne produkty bazujące na surowcach odnawialnych pochodzenia roślinnego, zwierzęcego oraz mikrobiologicznego są przyszłością zrównoważonego rozwoju rolnictwa.

Zagadnienia te zostały podjęte przez Doktoranta w prezentowanej rozprawie doktorskiej. W pracy wykorzystano bowiem nowy sposób izolowania frakcji związków biologicznie aktywnych z alg polegający na wykorzystaniu dwutlenku węgla w stanie nadkrytycznym. Metoda ta pozwala na ekstrahowanie poszukiwanych substancji w surowcu roślinnym lub zwierzęcym bez wprowadzania rozpuszczalników organicznych.

W badaniach prowadzonych przez Doktoranta wykorzystano biomasę alg pozyskaną z wód przybrzeżnych Morza Bałtyckiego oraz algi zakupione na rynku. W pracy doktorskiej zaproponowano ciąg technologiczny obejmujący pozyskanie i przygotowanie surowców do procesu ekstrakcji, izolację związków bioaktywnych, przygotowanie formułacji nowych prototypowych wersji produktów oraz weryfikację ich skuteczności w warunkach *in vitro* i *in*

dotyków do żywienia zwierząt. Niezwykle cenne są podrozdziały opisujące rynek biostymulatorów i prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt.

W przypadku biostymulatorów stosowanych w produkcji roślinnej, Autor opisuje zarówno wielkość tego rynku w Europie i w Polsce jak i jego wartość, a także potrzebę i możliwości wprowadzenia nowych innowacyjnych biopreparatów w oparciu o ekstrakty uzyskiwane technologią ekstrakcji CO₂ w stanie nadkrytycznym. Autor rozprawy doktorskiej podkreśla ogromną potrzebę opracowania tego typu preparatów dla rolnictwa ekologicznego, których ewidentnie brakuje dla tego systemu gospodarowania. Zdaniem Autora istnieje także potrzeba opracowania nowych formuł biopreparatów na bazie alg wykorzystywanych w produkcji zwierzęcej, gdyż algi są jednym z najlepszych źródeł substancji bioaktywnych, bardzo pozytywnie wpływających na poprawę parametrów przyrostu masy zwierząt, uzyskiwania lepszego współczynnika strawności pasz, poprawy dobrostanu zwierząt oraz uzyskiwania lepszych jakościowo produktów pochodzenia zwierzęcego. Algi w wielu regionach świata są od wielu lat wykorzystywane w żywieniu zwierząt jako źródło składników pokarmowych, witamin, polifenoli i innych cennych składników odżywczych.

W nawiązaniu do celów pracy Autor podkreśla także rolę alg w zastosowaniu w produktach kosmetycznych opisując szereg ich funkcji, m.in. jako produktów działających leko-podobnie oraz terapeutycznie. Określa się je wówczas mianem kosmoceutyków.

W dalszej części tego rozdziału Autor opisał technologię i badania prowadzone z wykorzystaniem płynów nadkrytycznych oraz technologię ekstraktów algowych i formułacje produktowe. Bardzo cenne są również podrozdziały dotyczące oceny dostępności alg morskich w Polsce i ich technik zbioru, które są istotnym kompendium wiedzy w obydwu ww. obszarach.

W rozdziale „*Cel i zakres pracy*” zaprezentowano cele główne pracy oraz cele szczegółowe. Celem głównym było opracowanie technologii nowej grupy innowacyjnych biopreparatów do zastosowań w uprawie roślin, hodowli zwierząt i pielęgnacji ciała, które będą zawierały ekstrakty z biomasy alg uzyskane metodą ekstrakcji nadkrytycznym CO₂ jako substancję aktywną. Prace technologiczne dotyczyły 3 grup produktowych, w skład których wchodziły biostymulatory wzrostu i rozwoju roślin, produkty prozdrowotne do żywienia zwierząt oraz kosmetyki do pielęgnacji ciała. Na podkreślenie zasługuje fakt, że zakres pracy obejmuje zarówno opracowanie technologii jak i prace badawcze nad nowymi formułacjami ww. grup biopreparatów, co jest szczególnie istotne dla końcowego rezultatu pracy. Prace badawcze zrealizowano kompleksowo począwszy od badań laboratoryjnych i analitycznych, poprzez badania użytkowe w warunkach kontrolowanych, kończąc na ocenie poszczególnych biopreparatów w warunkach rzeczywistych.

Bardzo dobrze jest opracowany rozdział 4 pt.: „*Metodyka*”, w którym omówiono zarówno poszczególne surowce wykorzystane do badań jak i sposób pozyskiwania i przygotowania biomasy alg. Opisano w nim także proces ekstrakcji przy pomocy dwutlenku węgla w stanie nadkrytycznym. W rozdziale tym zamieszczono także sposób przygotowania formułacji wytworzonych biostymulatorów (podrozdział 4.3.3) jak i badania ich właściwości użytkowych (podrozdział 4.3.4) oraz badania formułacji prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt (podrozdział 4.3.4 powinno być 4.3.5).

Podrozdziały te są wzorowo opracowane, jednak wg mnie powinny być wyodrębnione w osobny podrozdział (wyższego rzędu) 4.4. opisujący ww. badania, gdyż są one wyodrębnioną częścią pracy doktorskiej mającą znamiona badań praktycznych, których wyniki mogą być bezpośrednio wykorzystane w praktyce.

Rozdział 5 *Wyniki i dyskusja* został podzielony na 5 podrozdziałów w których omówiono formułacje biostymulatorów wzrostu roślin, badania właściwości użytkowych wytworzonych formułacji, badania właściwości użytkowych w warunkach polowych, badania formułacji prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt oraz badania formułacji kosmetycznych. Rozdział ten opracowany został bardzo dobrze i logicznie prowadzi w obrębie poruszanych zagadnień. **Brakuje w nim natomiast dyskusji wyników otrzymanych przez Doktoranta z wynikami badań innych autorów - w klasycznym spojrzeniu na rozprawę doktorską. Być może jest to spowodowane niewątpliwą innowacyjnością badań przeprowadzonych w rozprawie doktorskiej i brakiem dostępności wyników tego typu prac w literaturze. Proszę aby Doktorant zechciał się odnieść do tej kwestii w trakcie publicznej obrony Rozprawy Doktorskiej.**

„*Podsumowanie*” jest bardzo ważną częścią rozprawy doktorskiej i zaprezentowano w nim koncepcje technologiczne i przeprowadzone badania dla biostymulatorów wzrostu roślin, formułacji paszowych oraz formułacji kosmetycznych. Opisano w nim zarówno kompozycje biostymulatorów wzrostu roślin i ich ocenę zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i polowych, a w przypadku dodatków prozdrowotnych także kompozycje mieszanek. Opisano kompozycje kosmetyczne zawierające ekstrakt ze *Spirulina sp.* otrzymany w warunkach nadkrytycznych, przeznaczony do pielęgnacji twarzy i ciała. Ekstrakty pozyskane z biomasy makroglonów zostały przebadane pod kątem możliwości wykorzystania ich w preparatach kosmetycznych. Dla każdego z uzyskanych ekstraktów sporządzono karty charakterystyki.

Rozdział siódmy „*Wnioski*” zawiera najważniejsze wnioski wynikające z uzyskanych wyników prowadzonych badań. Wnioski są poprawnie sformułowane i trafnie syntetyzują wyniki badań przeprowadzonych przez Doktoranta.

Na końcu opracowania zamieszczono *Piśmiennictwo* obejmujący zestawienie literatury, opracowań, artykułów, aktów prawnych, procedur i norm badawczych, a osobnym rozdziale *Źródła internetowe* wykorzystane w jej przygotowaniu.

Proporcje objętości poszczególnych rozdziałów uważam za prawidłowe, gdyż wynikają one z treści merytorycznych, jakie w nich zaprezentowano. Również omówienie wyników w poszczególnych rozdziałach jest zasadne i dość jasno prowadzi czytelnika w obrębie poruszanych zagadnień.

Podsumowując tę część oceny stwierdzam, że poza ww. mankamentami recenzowana praca nie budzi większych zastrzeżeń pod względem formalnym.

3. Ocena merytoryczna

Celem pracy było opracowanie rozwiązań technologicznych nowej grupy innowacyjnych biopreparatów do zastosowań w uprawie roślin, hodowli zwierząt i pielęgnacji ciała zawierających ekstrakty z biomasy alg uzyskane metodą ekstrakcji CO₂ w stanie nadkrytycznym. Prezentowane rozwiązanie, zgodne z trendami ekorozwoju, przedstawia nowoczesne technologie przyjazne dla środowiska oraz innowacyjne produkty bazujące na surowcach odnawialnych zawierających ekstrakty z biomasy alg, co jest przyszłością zrównoważonego rozwoju.

W pracy doktorskiej opracowano technologię pozyskiwania i przygotowania alg bałtyckich do procesu ekstrakcji za pomocą CO₂ w stanie nadkrytycznym. Opracowana technologia bazuje na zbiorze, płukaniu, oczyszczaniu, suszeniu oraz granulowaniu biomasy alg. W efekcie powstaje biomasa alg bałtyckich oczyszczona i przygotowana do przeprowadzenia procesu ekstrakcji ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym. W przeprowadzonych badaniach dobrano parametry ekstrakcji alg bałtyckich, takich jak: *Spirulina sp.*, *Ascophyllum nodosum* i *Schizochytrium limacinum*. Doktorant opracował także technologię otrzymywania stabilnych formułacji biostymulatorów, prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt i kosmetyków zawierających w swoim składzie ekstrakty z ww. alg bałtyckich. Autor rozprawy doktorskiej wykazał możliwość wykorzystania ekstraktów uzyskanych metodą ekstrakcji CO₂ w stanie nadkrytycznym jako biostymulatorów wzrostu i rozwoju roślin. Wykazał również możliwość zastosowania ekstraktów algowych w formułacjach biostymulatorów zawierających również inne składniki zwiększające efektywność produkcji roślinnej jak np. mikroelementy czy aminokwasy. Ekstrakty z alg mogą być także wykorzystane jako komponenty do wytwarzania

prozdrowotnych dodatków do żywienia zwierząt. Doktorant udowodnił także możliwość zastosowania ekstraktów algowych jako komponentów kosmetyków do pielęgnacji ciała.

5. Konkluzja końcowa

Realizacja pracy doktorskiej wymagała kompleksowego podejścia do problemu i tym samym wieloczynnikowej oceny wytworzonych produktów, co wymagało wykonania części badań w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytucie Nowych Syntez Chemicznych w Puławach. W badaniach przeprowadzonych przez Doktoranta wykorzystano biomasę alg pozyskaną z wód przybrzeżnych Morza Bałtyckiego oraz algi zakupione na rynku. W pracy doktorskiej zaproponowano ciąg technologiczny obejmujący pozyskanie i przygotowanie surowców do procesu ekstrakcji, izolację związków bioaktywnych, przygotowanie formułacji nowych prototypowych wersji produktów oraz weryfikację ich skuteczności w warunkach *in vitro* i *in vivo*.

Praca jest przygotowana bardzo starannie, napisana jest poprawnym, zrozumiałym językiem. Na marginesach tekstu zazaczyłem zaledwie kilka, drobnych usterek stylistycznych, co biorąc pod uwagę objętość pracy uważam za stosowne podkreślić.

Przyjętą koncepcję pracy i podstawowe założenia metodyczne oceniam pozytywnie, dostrzegając dążenie Autora do praktycznego wymiaru badań przeprowadzonych w pracy doktorskiej. Uważam, że Autor rozprawy wykazuje bardzo dobre rozeznanie w problematyce technologii chemicznej, a w szczególności w technologii otrzymywania biopreparatów z alg. Doktorant posiada też niezwykle cenną umiejętność dostrzegania związków i zależności przyczynowo-skutkowych z zakresu wykorzystania technologii chemicznej w praktyce, co w wydatny sposób wzbogaca recenzowaną pracę.

Reasumując należy podkreślić, że badania wykonane w rozprawie doktorskiej mgr inż. Radosława Wilka są innowacyjne zarówno w sferze koncepcyjnej, jak i realizacyjnej, a produkty otrzymane w wyniku opracowanej technologii z powodzeniem mogą być wdrożone na rynku.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że praca była realizowana w ramach projektu Extralgae - „Innowacyjna technologia ekstraktów glonowych – komponentów nawozów, pasz i kosmetyków” Nr PBS/1/A1/2/2012, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizowanego we współpracy z przemysłem, co jest bardzo cenne dla rozwoju i komercjalizacji innowacyjnych technologii w gospodarce.

Po gruntownym i wnikliwym przestudiowaniu pracy doktorskiej stwierdzam w sposób jednoznaczny, że spełnia ona wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595) z dnia 14 marca 2003 roku, dlatego też stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Radosława Wilka do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę zarówno poznawcze jak i praktyczne walory pracy stawiam też wniosek o jej wyróżnienie.

Puławy 16.11.2020 r.

Prof. dr hab. inż. Janusz Igras

