Prof. dr hab. Bożena Gładyszewska

Katedra Biofizyki, Wydział Biologii Środowiskowej

Uniwersytet Przyrodniczy

20-834 Lublin

ul. Akademicka 13

Lublin, 25 listopada 2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana **mgr. inż. Ernesta Popardowskiego**

pt. **System techniczny do różnicowania aktywności biologicznej substancji organicznej polem elektromagnetycznym**

wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Pawła Kiełbasy,
Profesora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie,
na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych z 13 października 2022 roku.

1. Informacja o rozprawie

Przedstawiona do recenzji praca jest poprawnie przygotowanym opracowaniem pod względem naukowym, aplikacyjnym i graficznym. Tekst recenzowanej pracy doktorskiej obejmuje istotne i wymagane części składowe Zawiera 123 strony formatu A4, łącznie z wykazem ważniejszych oznaczeń (str. 3- 4), wstępem i obszernym przeglądem literatury (str. 5 - 20). Cel i zakres pracy zostały zamieszczone na str. 21 - 22, zaś metodykę opisano na str. 23 -37 (7 podrozdziałów). Opis systemu technicznego zamieszczono na 23 stronach od 39 do strony 62. Wyniki i dyskusję Doktorant opisał na 30 stronach maszynopisu (str. 63 - 85). Wykaz cytowanej literatury to 183 pozycje zamieszczone na str. 86 - 101 (artykuły, monografie, podręczniki i periodyki, rozporządzenia i Polskie Normy). Większość z tych prac została opublikowana w języku angielskim, w ostatnich 6 latach, w czasopismach o wysokiej randze naukowej. Doktorant zamieścił w pracy 49 rysunków i 15 tabel. Dodatkowo do pracy załączono 16 stronicowy Aneks. Dysertacja została zaopatrzona w streszczenie napisane w języku polskim i angielskim.

2. Tematyka rozprawy

Podjęta, w recenzowanej pracy tematyka badawcza wpisuje się w zagadnienia związane z szeroko pojętymi badaniami nad wpływem stałych i zmiennych pól magnetycznych na materiały biologiczne. Autor pracy podjął próbę opracowania projektu i zbudowania układu, który generowałby stałe i zmienne pole magnetyczne, o możliwie dużej wartości indukcji, w niezmiennej, stałej i kontrolowanej temperaturze oraz w zakresie częstości od 10 HZ do 100 Hz. Tak zbudowany układ po sprawdzeniu jego możliwości technicznych został wykorzystany do stymulacji próbek biologicznych. Do testowania stanowiska i do dalszych badań wybrano miód pszczeli, ze względu na jego stabilność biologiczną i szczególne właściwości prozdrowotne. Aktywność biologiczną miodu określono ilościowo i jakościowo na podstawie wyników emisji fotonowej oraz standardowych badań mikrobiologicznych. W eksperymentach dotyczących wpływu pola magnetycznego na testowany materiał jakim jest miód, zastosowano trzy różne zestawienia dawki ekspozycyjnej, indukcji magnetycznej, częstości pola elektromagnetycznego, a także tzw. interwału oddziaływania pola magnetycznego na badany materiał.

3. Merytoryczna ocena pracy

Pierwszy rozdział stanowi *Wstęp* wprowadzający w tematykę dysertacji. Dobór treści poszczególnych podrozdziałów jest merytorycznie uzasadniony i prawidłowo wprowadza czytelnika w zakres badań.

Kolejnym rozdziałem liczącym 12 stron jest *Przegląd literatury*. Dobór literatury, sposób jej zapisu oraz cytowania są właściwe i wyczerpują potrzeby merytorycznego uzasadnienia podjętego tematu, dotyczącego zbudowanych dotychczas stanowisk do wytwarzania i wykorzystania stałych i zmiennych pól magnetycznych do stymulacji między innymi nasion roślin uprawnych, komórek zwierzęcych, drożdży i bakterii.

Na podstawie pozyskanej wiedzy Doktorant umiejętnie zidentyfikował i sformułował problem badawczy, który przedstawił w celu pracy.

Celem pracy była konstrukcja i walidacja systemu technicznego umożliwiającego stymulację elektromagnetyczną substancji organicznej, pozwalając na modyfikację jej aktywności biologicznej oraz sporządzenie charakterystyk aktywności badanej substancji w zależności od parametrów pola elektromagnetycznego.

Następnie Autor sformułował dwie hipotezy badawcze i zakreślił zakres badań niezbędny do ich sprawdzenia, a nie do udowodnienia jak napisano w tekście.

W naukach empirycznych hipoteza jest zdaniem oznajmującym (przypuszczeniem) dotyczącym istniejącego nowego faktu, wymagającym sprawdzenia lub przedstawienia przypuszczalnego jego wyjaśnienia. Natomiast teza ma miejsce w naukach formalnych i jest udowadniana na drodze dedukcji, dlatego hipotezę się *weryfikuje* a nie *udowadnia*.

Do testowania stanowiska badawczego Doktorant postanowił wybrać miód pszczeli, ze względu na jego specyficzne właściwości fizykochemiczne, które mogą mieć wpływ na zapewnienie ciągłości pomiarów poprzez utrzymanie stabilności poszczególnych parametrów w czasie eksperymentu. Z 30 rodzajów miodów wytypowano jeden gatunek, który posiada cechy istotne z punktu widzenia planowanych badań oraz odznacza się homogenicznym składem w całej objętości materiału. Kolejnym krokiem było przeprowadzenie badań emisji fotonowej zgodnie z procedurą badawczą akredytowaną przez PCA - *AB 1698*.

Dużo miejsca w *Przeglądzie literatury* poświęcono opisowi i definicji bioaktywności. Po wnikliwej analizie literatury Autor założył, że wpływ stałego lub zmiennego pola magnetycznego na miód może prowadzić do modyfikacji jego aktywności biologicznej oraz może być cenną wskazówką w trakcie prac związanych z określaniem poziomu drobnoustrojów dla danej aktywności. Uzasadniało to konieczność podjęcia badań z tego zakresu.

W celu określenia ilości energii cieplnej generowanej przez stanowisko na każdym etapie konstrukcji układu, przeprowadzono badania trzema metodami, które zostały szczegółowo opisane w Rozdziale 2.2, zaś procedura pomiaru emisji fotonowej oraz procedura przeprowadzania badań mikrobiologicznych zostały opisane w Rozdziale 2.3. i 2.4.

Aby zrealizować cel badawczy, w przedstawionym zakresie pracy, Doktorant poprawnie zaplanował i przeprowadził pomiary emisji fotonowej, badania mikrobiologiczne i analizy melisopalinologiczne wybranego do badań gatunku miodu.

Analizy statystyczne (Rozdział 2.6.) przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego PQStat (wersja 1.8.2.156). Normalność rozkładu badanych parametrów analizowano testem Kołmogorova-Smirnova, a jednorodność wariancji między grupami porównywano testem Levene'a.

Prace związane z budową układu do badania próbek biologicznych poddanych działaniu pola magnetycznego zostały podzielone na trzy etapy, szczegółowo opisane w pracy.

W I etapie projektowania i konstrukcji układu do stymulacji, Autor prawidłowo uwzględnił nagrzewanie się cewki, ze względu na fakt, iż wzrost temperatury podczas generowania pola magnetycznego, posiada duży, niekorzystny wpływ na badany materiał umieszczony wewnątrz

cewki i może powodować uszkodzenie struktur biologicznych oraz zaburzać zachodzące w nim procesy.

W II etapie, po wprowadzeniu zmian technicznych, Autor zauważył, że cewka na odcinku 25 mm przekroju poprzecznego nadal posiada różnicę w rozkładzie wartości indukcji pola magnetycznego wynoszącą około 1,4 mT, czyli stosunkowo niewielką, lecz cewka nadal się nagrzewała. Konieczne więc było zastosowanie dodatkowego układu chłodzącego połączonego z agregatem chłodniczym. Taka modyfikacja znacząco poprawiła parametry pracy uzwojenia, umożliwiając próbce materiału dłuższe przebywanie w jego wnętrzu.

W III etapie modyfikacji układu Autor zaproponował wprowadzenie dodatkowego chłodzenia układu powietrzem, przez co po raz kolejny znacząco udoskonalono pracę uzwojenia, zaś zbudowanie takiego układu poprawiło estetykę i wygląd stanowiska. Dużym osiągnięciem i oryginalnym autorskim pomysłem Doktoranta było zastosowanie ramienia robota Braccio Tinke Kit, który umieszczał badaną próbkę zawsze w tym samym miejscu uzwojenia, zgodnie z zastosowanym oprogramowaniem, nawet bez obecności operatora. W ten sposób zapewniona zastała powtarzalność pomiarów.

W Rozdziale 4. *Wyniki badań* Autor zamieścił opis procedury wyboru materiału badawczego do dalszych analiz. Wydaje się, że celowym byłoby zamieszczenie tych informacji w rozdziale dotyczącym materiału badawczego, co ułatwiłoby czytelnikowi lekturę. Z 30 rodzajów miodów, po przeprowadzeniu wstępnych analiz, wyselekcjonowano trzy próbki, oznaczone numerami 9, 11 oraz 28, z których dwa miody należały do tzw. miodów spadziowych, natomiast jeden oznaczony numerem 28 był miodem wielokwiatowym. Następnie próbki wyselekcjonowanych gatunków miodu poddano działaniu stałego pola magnetycznego w stałym czasie trwania stymulacji, ze skokowymi zmianami częstotliwości oraz działaniu pola magnetycznego o maksymalnej wartości indukcji magnetycznej i maksymalnym czasie stymulacji dla każdej z analizowanych częstotliwości. Oba te parametry zostały dobrane na podstawie możliwości technicznych stanowiska oraz właściwości wybranego przez Autora materiału badawczego. W trzecim doświadczeniu podjęto próbę sprawdzenia, czy modyfikacja częstotliwości w trakcie trwania stymulacji spowoduje istotną zmianę zawartości substancji aktywnych biologicznie reprezentowanych przez emisję fotonową, ogólną liczbę bakterii oraz ogólną liczbę drożdży i pleśni, a także czy wpłynie na obecność bakterii z grupy *Clostridium sp.*

Rozdział *Dyskusja* jest krótki bo tylko dwustronicowy, więc czytelnik może czuć niedosyt, tym bardziej, że Doktorant wykonał dużą pracę i otrzymał bardzo dużo wyników, które poddał analizie ale zamieścił je częściowo w poprzednich podrozdziałach i omówił wstępnie w kontekście danych literaturowych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że Doktorantowi udało się przeprowadzić zwięzłą dyskusję wyników, którą cechuje rzetelność i obiektywizm w przytaczaniu argumentów za i przeciw własnym ustaleniom. Doktorant poprawnie zinterpretował wyniki jakie uzyskał w trakcie badań z uwzględnieniem odniesienia do dyskusji z wynikami uzyskanymi przez innych autorów oraz wykazał się konsekwencją w dociekaniu przyczyn obserwowanych zmian w badanym materiale, co jest warunkiem koniecznym tworzenia lub udoskonalenia wiedzy naukowej.

Na pozytywną ocenę zasługuje również opracowanie *Wniosków* przedstawionych w rozdziale 6. Każdy z nich jest dobrze uzasadniony w treści rozprawy i z tej rozprawy wynika. Nie ma tu zdań, nazwanych czasem wnioskami, które można byłoby napisać nie przeprowadzając żadnych badań. Wnioski mają znaczenie poznawcze jak również praktyczne.

4. Uwagi szczegółowe

W rozprawie znajdują się pewne niedociągnięcia terminologiczne, błędy stylistyczne, edycyjne i często brakuje właściwego opisu rysunków. W naukach empirycznych od Autorów prac wymaga się ścisłych i jednoznacznych określeń oraz precyzyjnego formułowania zdań, dlatego wskazane jest dokonanie korekty redakcyjnej między innymi na podanych poniżej stronach.

- Str. 3 W „Wykazie ważniejszych oznaczeń” powinny być podane również jednostki
- Str. 4_1 „kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem, a prądem” - powinno być „kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem, a natężeniem prądu”.
- Str. 5^{15} „polem magnetycznym” powinno być „ pola magnetycznego”.
- Str. 5^{7-9} – 1.„oddziaływania polem magnetycznym” powinno być „oddziaływanie lub wpływ pola magnetycznego”. 2. Cyt. ”W roku 1901 odnotowano pierwszą pracę dotyczącą oddziaływania polem elektromagnetycznym (a nie jak do tej pory, magnetycznym, która jednak została opublikowana dopiero 70 lat później (Danilewski 1901) - należy uporządkować cytowanie: Danilewski W. J. (1901) Studies on the

influence of electricity on physiology of plants. Kharkov. W: Presman, A.J. (Ed.) Electromagnetic Fields and Live Nature (1971).

- Str. 5^{18} „wektor pola magnetycznego" – powinno być „wektor indukcji pola magnetycznego".
- Str. $12^{13\text{-}14}$, 15^{14}, 16^{10} „oddziaływania polem magnetycznym" - powinno być „oddziaływanie pola magnetycznego".
- Str.17^{2} „żadna z trzech intensywności" – powinno być „ żadna z trzech wartości. indukcji magnetycznej".
- Str.17^{7} „mniejszej wagi" – powinno być „ mniejszej masy".
- Str. 21^{2} „wpływu wybranych charakterystyk pola elektromagnetycznego"– charakterystyki nie mogą mieć wpływu….
- Str. $21^{16\text{-}20}$ „Celem pracy była konstrukcja i walidacja systemu technicznego umożliwiającego stymulację elektromagnetyczną substancji organicznej pozwalający modyfikować ilościowo jej aktywność biologiczną. Ponadto, sporządzenie charakterystyk aktywności biologicznej substancji w zależności od parametrów pola elektromagnetycznego oraz struktury jego oddziaływania." – należy przeredagować te zdania.
- Str. 29^{5} „ najwyższą ilość fotonów" – powinno być „najwyższą liczbę fotonów".
- Str. 33 Rys.6 „Przykład wyhodowanych kolonii bakterii" - brakuje informacji jakie to były bakterie.
- Str. 33^{6} „ ilość" – powinno być „liczbę".
- Str. 33^{11} "warunki sterylizacji: temperatura 121°C, czas 15 minut" – należy podać jeszcze wartość ciśnienia jakie panowało w autoklawie.
- Str. $34^{10\text{-}11}$ „ΣC- suma kolonii na dwóch wybranych, liczonych płytkach z dwóch kolejnych rozcieńczeń"- powinno być „ΣC- suma kolonii z dwóch wybranych płytek w dwóch kolejnych rozcieńczeniach".
- Str. 34_{7} w przypadku miodów aktywność wody przyjmuje wartości równe lub wyższe od 0,6, ale nie przekraczające 0,9´- należy podać źródło tych informacji.
- Str. 44 „rys.11". Opisy osi powinny być po polsku.
- Str.50_{5} „kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem, a prądem" – powinno być „kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem, a natężeniem prądu".
- Str. 71^{5} brakuje informacji o szczepach grzybów i rodzajach użytych w doświadczeniu bakterii.

- Np. Str. 72^{5} , 72^{12} , 74^{15}, 75_{1}, 84^{3} ,84^{8}, 85^{1}, 85_{3} „ stymulacja polem" – powinno być „wpływ pola.. na…"
- Str. 97 poz.138 literatury – brak roku wydania.
- Czcionka wzorów nr 9-17 powinna zostać ujednolicona.
- Należy zaznaczyć na rysunkach nr.1,2,3,5,6,8,10,14,15,18 oraz 25 poszczególne elementy układów oraz rozszerzyć zbyt ubogie podpisy pod rysunkami, ponieważ czytelnik musi szukać w tekście wartości poszczególnych parametrów, co utrudnia lekturę.
- W Aneksie na rys. 37, rys.38 i rys. 39 osie opisane są tylko w języku angielskim.

Po lekturze dysertacji pojawiają się pewne pytania.

1. Jakie szczepy grzybów i jakie rodzaje bakterii były używane w doświadczeniu? Czym spowodowany był wybór takiego właśnie materiału?
2. Dlaczego wykorzystane zostały takie, a nie inne narzędzia statystyczne?
3. Jakie są ewentualne kierunki dalszych badań dotyczących wykorzystania pola magnetycznego do stymulacji materiałów biologicznych.

Ocena końcowa rozprawy

Praca doktorska Pana mgr inż. Ernesta Popardowskiego jest interesującą i wartościową dysertacją. Pracę cechuje trafny wybór tematyki, poprawnie zrealizowany cel rozprawy poprzez wybór i zastosowanie odpowiednio dobranych metod i technik eksperymentalnych. Doktorant wykazał się dobrym przygotowaniem i umiejętnościami prowadzenia zaplanowanego cyklu badań eksperymentalnych i umiejętnościami, które wykorzystał do zbudowania układu do stymulacji magnetycznej materiałów biologicznych. Uwagi krytyczne przedstawione w niniejszej recenzji stanowią wskazówki dla przyszłych prac naukowych i w większości mają charakter wyłącznie porządkowy. Należy podkreślić, że recenzowana rozprawa mimo wielu uwag, tak w odniesieniu do tekstu, jak i do dokumentacji graficznej, pod względem merytorycznym zawiera cenne wyniki, a ich analiza pozwala na stwierdzenie, że Doktorant osiągnął założony cel.

Podsumowując stwierdzam, iż rozprawa doktorska Pana mgr inż. Ernesta Popardowskiego pt. **System techniczny do różnicowania aktywności biologicznej substancji organicznej**

polem elektromagnetycznym spełnia wszystkie wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki zgodnie z art. 13, ust. 1 Ustawy z dn. 14 marca 2003r. (*Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami)* stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr inż. Ernesta Popardowskiego do publicznej obrony.

Biorąc zaś pod uwagę zarówno naukową wartość rozprawy, jak i widoczny wzrost wiedzy naukowej Doktoranta w okresie tworzenia rozprawy, wnioskuję o wyróżnienie Autora dysertacji stosowną nagrodą.