

Dr hab. inż. Piotr Markowski, prof. UWM
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk Technicznych
Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań
ul. Michała Oczapowskiego 11
10-719 Olsztyn

Olsztyn, dn. 17.08.2024 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej magistra inżyniera Michała Pławgo,
pt.

„OPTIMALIZACJA EKOLOGICZNYCH METOD EKSTRAKCY ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH
Z *LEVISTICUM OFFICINALE* WDJ KOCH W OPARCIU O ANALIZĘ WIELOKRYTERIALNĄ
Z WYKORZYSTANIEM NAWIGACJI NA ZBIORACH PARETO”

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora nauk
w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Sławomir Kocira

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na podstawie pisma o sygnaturze nr NE.5200.4.1.2023 z dnia 28 czerwca 2024 r. Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie prof. dr. hab. inż. Dariusza Andrejko, zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 24 czerwca 2024 r., powołującą mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Michała Pławgo, w związku ze wszczęciem przewodu doktorskiego.

2. Zasadność podjęcia tematu

Ekstrakcja jest jednym z podstawowych procesów w wielu gałęziach przemysłu, w tym spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego. Znana już była w starożytności wśród plemion Indian w Ameryce Południowej do otrzymywania substancji działających leczniczo, ale także halucynogennie i narkotycznie. Definiuje się ją jako proces przechodzenia substancji rozpuszczonej w danej fazie do drugiej fazy ciekłej, nie mieszającej się z pierwszą. Mówiąc najprościej jest to metoda polegająca na wymywaniu specjalnie dobranym rozpuszczalnikiem (ekstrahentem) rozdzielanych składników z mieszaniny stałej lub ciekłej, dzięki procesowi dyfuzji, a więc ekstrakcja jest jedną z metod rozdzielania mieszanin.

Ekstrakcja umożliwia wydzielenie cennych substancji z surowców, najczęściej roślinnych. W przypadku przemysłu spożywczego stosowana jest do wyodrębnienia aromatów, olejków eterycznych czy barwników z roślin. Z kolei w przemyśle farmaceutycznym do uzyskiwania czystych substancji aktywnych z roślin leczniczych, a w przemyśle kosmetycznym do uzyskiwania naturalnych olejków eterycznych, składników aktywnych z roślin oraz innych substancji. W przypadku medycyny produkty pochodzenia naturalnego i ich pochodne stanowią ponad 50% leków stosowanych współczesnej terapii. W związku z tym trwają poszukiwania nowych środków leczniczych pochodzenia naturalnego, jak

i szczegółowych badań pod kątem identyfikacji zawartych w nich czynnych składników leczniczych. Rosnące zapotrzebowanie na produkty naturalne w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym i spożywczym, spowodowały rozwój niekonwencjonalnych metod rozdziału, ukierunkowanych na pozyskiwanie substancji o śladowej zawartości w surowcu. Typowe olejki eteryczne stanowią mieszaniny złożone niejednokrotnie z kilkuset związków chemicznych. W związku z tym ważnym zagadnieniem procesu ekstrakcji jest dobór odpowiedniego ekstrahenta, który selektywnie będzie absorbował jeden związek chemiczny, nie absorbując innych, bądź absorbując w znikomym stopniu. Efektywność procesu ekstrakcji zależy najbardziej od temperatury oraz od intensywności mieszania surowca i ekstrahenta.

W tradycyjnym ziołarstwie wykorzystywano głównie formy ekstrakcji wodnej (odwar, napar, macerat), bądź alkoholowej (nalewka). Współcześnie stosuje się ekstrakcję nadkrytyczną, ekstrakcję z wykorzystaniem mikrofal, czy też ekstrakcję z zastosowaniem pola ultradźwiękowego. Ze względu na małe stężenie substancji w surowcu, koszt aparatury ekstrakcyjnej jak i samej ekstrakcji, jako procesu jest bardzo wysoki. Stąd liczne badania nad optymalizacją tego procesu w zastosowaniu do konkretnych surowców. W skali przemysłowej stosuje się głównie ekstrakcję rozpuszczalnikową i destylację z parą wodną. Głównymi wadami tych metod są niskie uzyski i obecność resztek toksycznych rozpuszczalników w ekstrakcie. Jednym z najprostszych sposobów intensyfikacji ekstrakcji jest stosowanie rozpuszczalników organicznych lub ich mieszanin. Niestety są to w większości substancje toksyczne, w związku z czym coraz częściej wyklucza to ich stosowanie ze względu na zaostrzające się normy. Stąd rosnące zainteresowanie alternatywnymi metodami intensyfikacji ekstrakcji, takimi jak: ekstrakcja z wykorzystaniem ultradźwięków, mikrofal lub ekstrakcja w obniżonych temperaturach. Techniki ultradźwiękowa i mikrofalowa są wykorzystywane do pozyskiwania substancji lotnych z surowców roślinnych. Badania z tego zakresu są przedmiotem licznych publikacji, w których podkreśla się przede wszystkim znaczne skrócenie czasu procesu oraz poprawę jakości ekstraktu, który nie zawiera wielu nieprzydatnych lub szkodliwych składników.

W tym kontekście, aktualność podjętej w dysertacji doktorskiej tematyki badawczej jest aktualna i nie budzi moich zastrzeżeń oraz stanowi problem naukowy, którego rozwiązanie przyczyni się do poszerzenia wiedzy naukowej i użytecznej.

3. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Plawgo składa się z auto-referatu, którego podstawę stanowią wyniki badań prezentowanych w trzech publikacjach naukowych:

1. **Plawgo, M., Kocira, S., & Bohata, A. (2024).** Multi-Objective Optimization of the Green Extraction Conditions of Bio-Active Compounds from a *Levisticum officinale* WDJ Koch: Pareto Optimality and Compromise Solutions for Process Management. *Agricultural Engineering*, 28(1), 137-165. DOI: 10.2478/agriceng-2024-0010 – **40 pkt. MNiSW, udział procentowy – 70%.**
2. **Plawgo, M., Kocira, S., & Bohata, A. (2024).** Optimizing Microwave-Assisted Extraction from *Levisticum officinale* WDJ Koch Roots Using Pareto Optimal Solutions. *Processes*, 12(5), 1026. DOI: 10.3390/pr12051026 – **70 pkt. MNiSW, Impact Factor 3,5, udział procentowy – 70%.**
3. **Plawgo, M., Kocira, S., & Bohata, A. (2024).** Multi-Criteria Optimization Conditions for the Recovery of Bioactive Compounds from *Levisticum officinale* WDJ Koch Roots Using Green and Sustainable Ultrasound-Assisted Extraction. *Processes*, 12(2), 275. DOI: 10.3390/pr12020275 – **70 pkt. MNiSW, Impact Factor 3,5, udział procentowy – 70%.**

Sumaryczny Impact Factor wymienionych publikacji wg bazy JCR wynosi 7,0. Zgodnie z aktualnym wykazem czasopism punktowanych oraz wytycznymi MNiSW, wymienionym publikacjom jest przyporządkowanych razem 180 pkt. Przedstawione do oceny artykuły naukowe są opublikowane w czasopiśmie przypisanym wg komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 5 stycznia 2024 r. do obszaru nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że w przedstawionych do oceny 3 publikacjach, stanowiących osiągnięcie naukowe, Doktorant jest pierwszym Autorem, a jego udział w przygotowanie publikacji jest znaczący i zgodnie z deklarowanymi oświadczeniami współautorów wynosi w każdej z nich 70% i dotyczył opracowania koncepcji artykułów, metodyki badań i ich wykonania, redakcji manuskryptów, analizy danych i wizualizacji.

Autoreferat, będący skróconą wersją klasycznej rozprawy doktorskiej, składa się ze 101 ponumerowanych stron maszynopisu formatu A4 oraz zamieszczonych kopii 3 publikacji naukowych i oświadczeń współautorów artykułów naukowych.

Na treść rozprawy (autoreferatu) składa się 5 rozdziałów: *wprowadzenie, problem badawczy, hipotezy i cel naukowy, materiał i metody badań, wyniki badań i dyskusja oraz wnioski*. Oprócz tego, w rozprawie, jest zamieszczone *streszczenie* w języku polskim i angielskim oraz *bibliografia*. Dodatkowo opracowanie zawiera kopie opublikowanych prac wchodzących w skład cyklu publikacji oraz oświadczenia doktoranta oraz współautorów dotyczących ich wkładu w przygotowanie opublikowanych prac naukowych. Układ pracy jest klasyczny, a poprawnie przeprowadzony podział na podrozdziały pozwala na szybkie rozeznanie w strukturze pracy. W bibliografii Kandydat umieścił 119 pozycji źródeł literatury, w zdecydowanej większości oryginalnych prac twórczych, w których dominują publikacje z ostatniej dekady – 68 pozycji, co stanowi 57% wszystkich publikacji. Z kolei udział prac wydanych w ostatnich 5 latach, tj. 2020-2024 wynosi 25% (30 publikacji). Wartości tych wskaźników należy ocenić jako zadowalające. Do rzadkości należą pozycje literatury sprzed roku 2000, a powołanie się na nie jest jak najbardziej uzasadnione, gdyż zawarte w nich informacje są ważne dla poruszanej w dysertacji tematyki. Podsumowując, stwierdzam, że dobór materiałów źródłowych, poza drobnymi, przytoczonymi powyżej wyjątkami, jest jak najbardziej prawidłowy i adekwatny do omawianych i analizowanych w rozprawie zagadnień, gdyż znalazły się w nim prace istotnie związane z podjętą w pracy problematyką badawczą.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską mgr. inż. Michała Plawgo można zaliczyć do prac badawczych o charakterze poznawczym, dotyczącym doboru metod i parametrów procesu ekstrakcji wodnej konwencjonalnej i wspomaganej mikrofalami lub ultradźwiękami z zastosowaniem teorii podejmowania decyzji opartej na modelach matematycznych i optymalizacji wieloobiektywnej.

We „*Wstępie*” (strony 6-12), będącym także analizą literatury, Autor przedstawił informacje dotyczące przyczyn zainteresowania przemysłu żywnościowego, farmaceutycznego i kosmetycznego roślinami aromatycznymi. Dokonał także charakterystyki lubczyku lekarskiego (*Levisticum officinale*) jako rośliny o przeznaczeniu konsumpcyjnym, farmakologicznym i terapeutycznym. Następnie opisał proces ekstrakcji dokonując szczegółowej charakterystyki różnych metod ekstrakcji zgodnych z zasadami

tw. „zielonej chemii”, w tym m.in. ekstrakcji wspomagannej mikrofalami (MAE), ultradźwiękami (UAE), nadkrytycznym dwutlenkiem węgla, ekstrakcji Soxhleta i ekstrakcji ultrawysokim ciśnieniem, czy też ekstrakcji wspomagannej enzymami (EAE) i promieniowaniem podczerwonym (IR).

Przedstawił także przyczyny generujące rozwój technik ekstrakcyjnych, które zdaniem Doktoranta są związane w głównej mierze z minimalizacją kosztów procesu przy jednoczesnej maksymalizacji wydajności pozyskiwania związków biologicznie aktywnych. Autor wskazując wady i zalety poszczególnych (technik) metod ekstrakcji zaznaczył, na podstawie literatury, że każdą z nich należy optymalizować indywidualnie w odniesieniu do materiału roślinnego i fitozwiązków, będących przedmiotem zainteresowania. Następnie wskazał, że prowadzone badania są nakierowane na wytworzenie ekstraktów roślinnych o potencjale przeciwutleniającym, przy wykorzystaniu zróżnicowanych metod ekstrakcji w aspekcie ich wykorzystania, jako związków naturalnych mogących zastąpić syntetyczne produkty, w tym dodatki do żywności i agrochemikalia, w produkcji żywności i zrównoważonego rolnictwa. Rozdział ten Autor zakończył kierunkami doboru parametrów procesu ekstrakcji z wykorzystaniem metod optymalizacyjnych w tym optymalizacją wielokryterialną.

Całość wyszczególnionych powyżej zagadnień Autor przedstawił w sposób zwięzły, ale wystarczający, a w ich przygotowaniu wykorzystał aktualne i prawidłowo dobrane pozycje literatury. Uważam, że zawarte w tym rozdziale informacje stanowią dobre wprowadzenie w tematykę recenzowanej rozprawy, zwłaszcza w przypadku rozdziału drugiego zatytułowanego „*Problem badawczy, hipotezy i cel naukowy*”. Stwierdzam, że w odniesieniu do zaproponowanego w rozprawie tematu analiza literatury została przeprowadzona w sposób przejrzysty na poziomie potwierdzającym dobre przygotowanie mgr. inż. Michała Plawgo do podjęcia rozwiązania problemu naukowego. Rozdział został napisany przekonująco i czytając go upewniamy się o znaczeniu i celowości podjętych w dysertacji badań.

Po analizie literatury Autor w rozdziale numer dwa, zatytułowanym „*Problem badawczy, hipotezy i cel naukowy*” podjął się rozwiązania problemów badawczych zapisanych w postaci dwóch pytań w brzmieniu:

- *Przy jakiej metodzie i jakich parametrach procesu ekstrakcji wodnej możliwe jest wytworzenie ekstraktów z *Levisticum officinale* o najwyższej zawartości związków biologicznie czynnych?*
- *Czy bazowanie na modelach matematycznych i optymalizacji wielokryterialnej będzie narzędziem wspierającym podejmowanie decyzji o parametrach procesów ekstrakcji?*

Następnie na podstawie sformułowanych problemów badawczych określił cel pracy, jakim był dobór metody i parametrów procesu ekstrakcji wodnej konwencjonalnej i wspomagannej mikrofalami lub ultradźwiękami dla maksymalizacji zawartości związków biologicznie czynnych z *Levisticum officinale*, z zastosowaniem teorii podejmowania decyzji opartej na modelach matematycznych i optymalizacji wieloobiektywnej.

Do tak zapisanego celu pracy Doktorant postawił trzy hipotezy badawcze:

- *Zastosowanie analizy wielokryterialnej z wykorzystaniem nawigacji po zbiorach Pareto umożliwi dobór metody i parametrów procesu ekstrakcji związków biologicznie aktywnych z *Levisticum officinale*.*
- *Zaproponowane metody optymalizacji procesu ekstrakcji umożliwią dobór parametrów procesu ekstrakcji związków bioaktywnych z *Levisticum officinale*.*

– *Ekstrakcja wodna wspomaganą mikrofalami lub ultradźwiękami pozwoliła bardziej wydajną ekstrakcję związków bioaktywnych z *Levisticum officinale* w porównaniu z konwencjonalną metodą ekstrakcji.*

Hipoteza jest stwierdzeniem, przypuszczeniem dotyczącym pewnej prawidłowości, czy też zjawiska, które zostaje zweryfikowane w toku prowadzonych analiz, najczęściej statystycznych. Formułując hipotezy badawcze należy pamiętać o zapisaniu również problemu badawczego oraz pytań badawczych. Te trzy elementy są nierozłączne. Można, w dużym uproszczeniu powiedzieć, że struktura takiego rozdziału składa się z trzech punktów. W pierwszym zapisywany jest problem badawczy, w drugim pytania badawcze, a w trzecim hipotezy. W pracy mgr. inż. Michała Pławgo dwa z wymienionych elementów występują, są to pytania badawcze i hipotezy. W mojej ocenie w rozdziale tym brakuje wyraźnie zdefiniowanego problemu badawczego, w którym Doktorant powinien wskazać na obszar niewiedzy naukowej, który zamierza uzupełnić w realizowanej rozprawie naukowej. Co prawda, czytając „Wstęp” i dalszą część rozdziału dotyczącego zadań badawczych i zakresu wykonanych badań, można problem badawczy sprecyzować.

Oceniając pozostałą część rozdziału, tj. wspomniane we wcześniejszym akapicie zadania badawcze – wyszczególnione w postaci punktów, które Doktorant zaplanował do realizacji jako niezbędne do osiągnięcia postawionego w pracy celu, oceniam pozytywnie i uważam, że umieszczenie ich w tym rozdziale wpłynęło na poprawę czytelności pracy. Ponadto, cieszy mnie, że Doktorant rozdział zakończył zapisanym w punktach zakresem pracy. Ostatnio widoczna jest, w pracach naukowych, rezygnacja z takiego układu pracy, co w znaczący sposób utrudnia podążanie za tokiem myślowym Autora pracy. W przypadku Pana mgr. inż. Michała Pławgo zachowanie klasycznego układu rozprawy z całą pewnością ułatwia, nie tylko zrozumienie pracy, ale także wyjaśnia potrzebę wykonania zaplanowanych badań i zrealizowanej w pracy analizy wyników oraz doboru narzędzi.

Oceniając rozdział czwarty zatytułowany „Wyniki badań i dyskusja” stwierdzam, że jest on przedstawiony w poprawnej formie, a wyniki badań mają duże znaczenie poznawcze i wartość użyteczną. Treść rozdziału jest zawarta na 60 stronach i została podzielona na sześć podrozdziałów, z których ostatni stanowi podsumowanie wyników. Autor w tym rozdziale, oprócz zaprezentowania i interpretacji wyników badań, dokonał również ich porównania z wynikami prezentowanymi w literaturze przedmiotu. Doktorant wykorzystując wiadomości (wiedzę naukową) z literatury przedmiotu, wyniki przeprowadzonych eksperymentów oraz na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej dokonał weryfikacji naukowych założeń rozprawy. Świadczy to o bardzo dobrej znajomości warsztatu naukowego Pana mgr. inż. Michała Pławgo.

Pomimo bardzo wysokiej oceny rozdziału czwartego, to mam również uwagi krytyczne co do treści tego rozdziału:

- Na stronie 29 Autor w pierwszym akapicie uzasadnia, z jakiego powodu jako rozpuszczalnik wybrał wodę. Uzasadnienie jest jak najbardziej zasadne, jednakże informacja taka powinna znaleźć się w przyjętych założeniach lub w metodyce badań. W rozdziale czwartym zatytułowanym „Wyniki badań i dyskusja” powinny być zamieszczone tylko wyniki badań i ich interpretacja.
- str. 40, tabela 2, kolumna pierwsza, wiersz pierwszy – zapis w nagłówku: x_1 (stosunek biomasa/woda). W przypadku tabeli zauważalne są dwa błędy. Pierwszy dotyczy niezapisania w główce

tabeli jednostek wartości liczbowych wpisywanych w pierwszej kolumnie. Drugi błąd dotyczy błędnie wprowadzonej wartości w pierwszym wierszu. Autor zapisał wartość 0,7140, wartość poprawna to 0,0714. Niestety błąd ten wkraść się także w opisie tabeli 4 (str. 40, wiersz 3 w ostatni akapicie), a także we wniosku czwartym strona 87. W tym miejscu trudno mi wytłumaczyć zaistniały błąd, gdyż o ile mógł on się zdarzyć w tabeli, to jest zastanawiające, że Doktorant powielił tę wartość bezrefleksyjnie w opisie tabeli i we wniosku czwartym, w sytuacji, gdy na stronie 21 w podrozdziale 3.5. zapisał ograniczenia nałożone na zmienne decyzyjne w procesie konwencjonalnej ekstrakcji wodnej dla x_1 od 0,025 do 0,075 g/ml.

- proszę o wyjaśnienie fragmentu tekstu ze strony 40, ostatni akapit, wers numer 4-7 w brzmieniu: *„Dla maksymalnej analizowanej wartości współczynnika biomasy roślinnej i rozpuszczalnika oraz maksymalnej temperatury procesu można prowadzić ekstrakcję przez 20 minut lub w zakresie od 37,1429 do 38,5714 minut.”* Podobny zapis jest zamieszczony we wniosku czwartym strona 87. Proszę wyjaśnić, dlaczego ekstrakcja może być prowadzona równie efektywnie dla tych samych ograniczeń przez 20 minut lub w przedziale czasowym od 37,1429 do 38,5714 minut. Proszę również o wyjaśnienie jak rozumie Pan pojęcie *wartość optymalna funkcji*?

W ostatnim merytorycznym rozdziale zatytułowanym „*Wnioski*” Autor przedstawił rezultaty badań w formie dziewięciu wniosków końcowych i dwóch wniosków utylitarnych. Zamieszczone w tym rozdziale wnioski znajdują pełne uzasadnienie merytoryczne w otrzymanych wynikach badań zaprezentowanych w rozprawie doktorskiej i bezpośrednio odnoszą się do sformułowanego w pracy problemu badawczego. Analiza treści sformułowanych wniosków wykazuje, że zawierają one jednoznaczną odpowiedź na postawione pytania badawcze i tym samym potwierdzają zrealizowanie celu rozprawy.

Dokonując oceny poziomu naukowego recenzowanej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że badania, jak również struktura pracy, poza drobnymi wyjątkami, zostały zaplanowane prawidłowo. Doktorant zaplanował i zrealizował bardzo szeroki plan badawczy, dokonując stosownych analiz wyników badań i na ich podstawie sformułował trafne wnioski. Poziom merytoryczny pracy doktorskiej jest na dobrym poziomie i zasługuje na pozytywną ocenę. Osiągnięciem pracy jest poprawna ocena stanu wiedzy w obszarze podjętej w pracy problematyki, wykazanie luk w informacjach, zaplanowanie i wykonanie eksperymentu dla wypełnienia tych luk nowymi informacjami, które prowadzą do utylitarnego wykorzystania wyników. Z całą pewnością przeprowadzony zakres badań pozwolił poszerzyć wiedzę z analizowanego w pracy zakresu i pozyskać nowe informacje o wartości naukowej i utylitarniej umożliwiające formułowanie zaleceń dla praktyki.

5. Ocena formalnej i edytorskiej jakości rozprawy

Oceniana praca zawiera wszystkie elementy, z których z formalnego punktu widzenia, powinna składać się rozprawa doktorska, w tym: *wprowadzenie, problem badawczy, hipotezy i cel naukowy, materiał i metody badań, wyniki badań i dyskusja, wnioski*. Zastosowany w rozprawie sposób prezentowania zagadnień uważam za poprawny. Rozważania są prowadzone konsekwentnie, bez odbiegania od rozwiązywanego problemu badawczego, z zachowaniem właściwych proporcji w ujmowaniu poszczególnych jego elementów.

Język rozprawy, z małymi wyjątkami, jest poprawny. Praca pod względem wizualnym jest przygotowana starannie, zawiera niewiele błędów literowych, stylistycznych i logicznych. Pozostałe odnotowane błędy i uchybienia mają głównie charakter edytorski i nie decydują o wartości merytorycznej rozprawy. Niektóre zdania, według mojej opinii, można byłoby sformułować poprawniej, niemniej jednak sam przekaz informacji wydaje się poprawny. W pracy można także znaleźć szereg, mniejszej wagi, niedociągnięć językowych i redakcyjnych. Poniżej zamieszczam przykładowe błędy i niedociągnięcia:

- dość często Doktorant używa zwrotów „**Obecnie** liście *Levisticum officinale* są wykorzystywane ...”, „**Obserwowany obecnie** rozwój technik ekstrakcyjnych ...”, „**Obecnie** trwają...”, czy też „**Szczególne uwaga jest aktualnie** skupiona...” – w przypadku wymienionych fragmentów zdań zbędne jest użycie słów „obecnie” lub „aktualnie”, gdyż jeżeli piszemy „**Obserwowany obecnie** rozwój technik...”, to wiadomo, że odbywa się to w danym momencie (czasie), w danej chwili. Poprawnie zapisane zdania powinny brzmieć: „*Obserwowany rozwój technik ekstrakcyjnych związany jest w głównej mierze z minimalizacją kosztów procesu przy jednoczesnej maksymalizacji ...*”
- w pracy zdarzają się pewne niejednoznaczności, będące skrótami myślowymi, np. w zdaniu (pisownia oryginalna) „*Parametry procesowe, w tym rodzaj rozpuszczalnika, temperatura, czas, **stosunek materiału do rozpuszczalnika** determinują efektywność procesu ekstrakcji.*” Jaki stosunek materiału do rozpuszczalnika miał Autor na myśli, masowy czy objętościowy?
- błąd składni zdania, zbędny wyraz „z” – zapis oryginalny w pracy „*Biorąc pod uwagę fakt, że ekstrakcja wodna zyskuje na znaczeniu w ramach „zielonych technologii” i dla zwiększenia skuteczności ekstrakowania związków bioaktywnych z wskazana wydaje się optymalizacja parametrów procesu.*”
- Doktorant nie zawsze stosował się do zasady, że w pracach naukowych należy tekście powoływać się na wstawione obiekty (rysunki, tabele). Sytuacja taka miała miejsce w przypadku rysunku 1. (str. 14).
- str. 16. ostatni akapit 1, wers 1. Błąd gramatyczny fleksyjny, nieprawidłowa odmiana wyrazu „korzeń”, w pracy: „*Ekstrakcję z wykorzystaniem biomasy **korzeniu** lubczyku...*” – zapis poprawny „*Ekstrakcję z wykorzystaniem biomasy **korzeni** lubczyku ...*”.
- Doktorant nie stosował w całej pracy zasady, że najpierw następuje odwołanie do obiektu graficznego lub tabeli, a dopiero później w pracy jest ten obiekt wstawiony. Sytuacja taka miała miejsce w przypadku rysunków: 1 (str. 14), 3 (str. 23), 4 (str. 24), 5 (str. 26) i tabel: 2 (str. 40) i 5 (str. 56).
- odwołania w tekście pracy do obiektów typu tabela, rysunek, wzór, zawsze należy zapisywać w postaci: nazwa obiektu (tabela, rysunek, itd.) oraz numer obiektu. Ta zasada nie została zachowana w przypadku odwołania do tabeli, strona 28 – zapis oryginalny: „*Wartości wskaźników przedstawiono w tabeli...*” – w tej sytuacji zabrakło numeru tabeli.
- wartość liczbowa i miara tej wartości powinny znajdować się w jednej linijce tekstu, nie powinno się ich rozdzielać i umieszczać w dwóch wierszach (str. 17, 1 akapit, wers 4).
- w pracy występują (nieliczne) błędy ortograficzne polegające na niestosowaniu polskich znaków diakrytycznych, np. strona 29 wers 1. Wyraz „*badai*” zapisany bez znaku diakrytycznego tj. litery

„ñ” – zapis oryginalny „...Na podstawie **badan** eksperymentalnych potwierdzono ...”; strona 47, tytuł podrozdziału 4.2. – „Podsumowanie **badan** nad optymalizacją konwencjonalnej ekstrakcji wielokryterialnej”.

- błędnie użyty wyraz „zwirowany” „Po obróbce MAE ekstrakt został **zwirowany** (9500 obr/min, 20 min) i przefiltrowany...”, Autorowi zapewne chodziło o wyraz „odwirowany”.
- Tabela 1 i 6, oraz str. 25 – ostatni akapit, drugi wiersz, str. 88 – wniosek 7. Autor użył znaku kropki „.” jako separatora części ułamkowej. Zastosowanie znaku kropki do oddzielenia części ułamkowej jest typowe i poprawne dla języka angielskiego. W przypadku tekstu napisanego w języku polskim – już nie. Separatorem części ułamkowej jest znak przecinka „,”.
- nieprawidłowy zapis symboli – w trakcie pisania pracy należy zwracać uwagę na sposób oznaczania jednostek i symboli wielkości fizycznych. Przy zapisywaniu jednostek i symboli można wyróżnić zapis w postaci kursywy (pismo pochyłe) oraz antykwy (pismo proste). Wszelkie symbole wielkości fizycznych, niezależnie od tego czy jest to litera alfabetu greckiego czy też łacińskiego oraz niezależnie od miejsca, w którym pojawiają się w pracy, tj. tekst, wzory matematyczne, rysunki, tabele – zawsze należy zapisać kursywą. Z kolei cyfry i symbole konkretnych funkcji tekstem prostym.

Wyszczególnione powyżej błędy oraz stwierdzone uchybienia edytorskie i językowe nie są liczne w odniesieniu do objętości opracowania. W rezultacie nie wpływają na czytelność przekazywanych treści, a tym samym na poziom merytoryczny rozprawy, nie pomniejszając jej wartości. Uwzględniając wszystkie umieszczone w recenzji uwagi pozytywne i przede wszystkim krytyczne uważam, że oceniana rozprawa zasługuje na ocenę **pozytywną**.

6. Końcowa ocena rozprawy

Opiniowana rozprawa naukowa mgr. inż. Michała Pławgo jako przedmiot rozprawy doktorskiej pod względem merytorycznym stanowi logiczną i spójną merytorycznie całość, mieści się w deklarowanej dyscyplinie naukowej i w mojej ocenie stanowi samodzielny wkład Doktoranta do nauki i praktyki. Wyniki badań zostały przedstawione w sposób czytelny z wykorzystaniem prawidłowej terminologii. Kandydat osiągnął założony cel pracy, planując i realizując eksperyment w sposób zgodny z wymaganiami współczesnej metodologii badań naukowych, z zastosowaniem metod odpowiadających aktualnemu poziomowi wiedzy w naukach empirycznych.

Przyjęty w rozprawie sposób prezentowania wyników badań i ich analizy, pomimo zaprezentowanych powyżej krytycznych uwag, nie budzi większych zastrzeżeń i w większości przypadków jest poprawny i zgodny z wymaganiami współczesnej metodologii badań. Analiza wyników badań jest prowadzona konsekwentnie, a treść rozprawy jest ułożona poprawnie. Język rozprawy, pomijając wymienione powyżej wybrane błędy interpunkcyjne, stylistyczne oraz edytorskie, jest poprawny i zrozumiały. Stwierdzam, że rozprawa doktorska nie zawiera istotnych błędów i niewłaściwych wyrażań.

Przyjęty w pracy zakres badań i zastosowana aparatura badawcza stanowią o wysokiej jakości pracy i świadczą o dobrym przygotowaniu Kandydata do samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych, a zrealizowane w pracy zadania o dużej sumienności i pracowitości Autora. Przedstawiona w rozprawie doktorskiej tematyka jest aktualna i ważna, zarówno w ujęciu poznawczym jak i aplikacyjnym. Zakres rozwiązywanej problematyki jest wystarczający i pod tym względem rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Michała Pławgo oceniam pozytywnie.

7. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Michała Plawgo pod względem merytorycznym spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie inżynieria mechaniczna w postępowaniu prowadzonym na podstawie Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. Kandydat wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną i dobre przygotowanie do samodzielnej pracy naukowej. W związku z powyższym stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o **przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr. inż. Michała Plawgo do publicznej obrony** jego rozprawy doktorskiej pt. „Optymalizacja ekologicznych metod ekstrakcji związków biologicznie czynnych z *Levisticum officinale* WDJ Koch w oparciu o analizę wielokryterialną z wykorzystaniem nawigacji na zbiorach Pareto”.

Piotr Markowski
