



Wrocław, 21.09.2023r.

Dr hab. inż. Paulina Nowicka, profesor uczelni
Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Iwony Majewskiej
pt.: „Związki fenolowe wychmielin jako inhibitory enzymów glikolitycznych”
wykonanej na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej
pod kierunkiem dr hab. inż. Anny Podsędek, profesor uczelni

Podstawa formalna: *pismo Prodziekan ds. kształcenia Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej, Pani dr hab. inż. Edyty Kordialik-Bogackiej, profesor uczelni, z dnia 27 lipca 2023 roku, informującej o uchwale (95/2023) Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia Politechniki Łódzkiej, w sprawie powołania recenzentów pracy doktorskiej mgr inż. Iwony Majewskiej*

Wprowadzenie – uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej

Cukrzyca (*diabetes mellitus*) jest przewlekłą chorobą metaboliczną, która cechuje się podwyższonym stężeniem glukozy w osoczu krwi. Obecnie uważa się ją za jeden z głównych problemów zdrowotnych na świecie, a wręcz klasyfikuje jako jednostkę epidemiologiczną XXI wieku. Według bieżących danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) na całym świecie choruje na nią blisko 540 mln osób, z czego około 3 mln stanowią Polacy. Prognozy są jednak jeszcze bardziej zatrważające, wynika z nich bowiem, że w ciągu najbliższych 25 lat liczba diabetyków może ulec podwojeniu. Przewidywania te generują konieczność poszukiwania skutecznych metod jej leczenia, a także podjęcia działań profilaktycznych, które pomogą w znacznym stopniu zahamować rozwój cukrzycy na świecie.

Jedną ze strategii leczenia cukrzycy typu 2, jest zmniejszenie ilości uwalnianej z posiłku glukozy na drodze hamowania enzymów trawiennych rozkładających węglowodany, czyli α -glukozydazy i α -amylazy. Dotychczas dostępne leki z powyżej opisanym mechanizmem działania, powodują jednak szereg objawów niepożądanych, co skutkuje pogorszeniem jakości życia pacjenta. Równocześnie jednak skłania do dalszych poszukiwań – nowych, alternatywnych i naturalnych inhibitorów enzymów glikolitycznych, tak aby w przyszłości móc poprawić komfort życia pacjentów chorych na cukrzyce typu 2.



Szczególnie interesujące w tym kontekście są próby wykorzystania surowców roślinnych lub wyizolowanych z nich metabolitów wtórnych roślin, które od lat uznawane są za związki o wielokierunkowym działaniu prozdrowotnym. Nowatorskim i bardzo świadomym podejściem wydają się także wszelkie próby wykorzystania odpadów poprodukcyjnych w komponowaniu leków o właściwościach przeciwcukrzycowych. Wykorzystanie wytlóków lub wychmielin wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju, ale także daje możliwość na uzyskanie skutecznych i dostępnych cenowo środków farmakologicznych przez osoby ze zdiagnozowanymi problemami z cukrzycą.

W świetle powyższego należy stwierdzić, iż wskazany przez Doktorantkę problem badawczy i jego aktualność z punktu widzenia obecnej wiedzy i jej deficytów w zakresie wykorzystania metabolitów wtórnych roślin w leczeniu przewlekłych chorób niezakaźnych w pełni uzasadniają podjęcie tematyki w ocenianej dysertacji. Zagadnienia poruszane w pracy stanowią oryginalne opracowanie liczące ze wzrastającą popularnością wykorzystania surowców roślinnych jako skutecznych inhibitorów α -amylazy i α -glukozydazy.

Ocena układu pracy i spełnienia wymogów formalnych

Struktura ocenianej pracy jest prawidłowa i zgodna z wymogami pisania rozpraw doktorskich. Przedstawiona do oceny rozprawa składa się z dwóch zasadniczych części: teoretycznej ('Wstęp teoretyczny') i badawczej prezentującej: materiał i metody, uzyskane wyniki i ich dyskusję oraz wnioski, które stanowią odniesienie do sformułowanego celu pracy i hipotezy badawczej. Wstęp teoretyczny poprzedzony jest spisem treści oraz streszczeniami w języku polskim oraz angielskim.

Praca liczy 150 stron maszynopisu i składa się z 11 rozdziałów. Rozdział 6 stanowią wnioski, które odnoszą się do celu pracy i postawionej hipotezy badawczej. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki zaprezentowano na 25 rycinach oraz w 16 tabelach, przy czym dodatkowo w części teoretycznej wykorzystano 9 tabel oraz 13 rysunków prezentujących obecny stan wiedzy w podejmowanej tematyce.

W dysertacji wykorzystano 335 pozycji literaturowych oraz dwie pozycje netograficzne, z czego 65% cytowanej literatury to pozycje z ostatnich lat (zostały one opublikowane po 2010 roku). Niezależnie jednak od roku wydania tych prac należy podkreślić, że dobrano je starannie i trafnie, a oparcie dyskusji przedstawionej do recenzji dysertacji o najnowszą literaturę tylko potwierdza fakt znajomości przez Doktorantkę prezentowanej tematyki.

W pracy pojawiły się pewne drobne błędy edytorskie i stylistyczne, które jednak nie umniejszają finalnej wartości merytorycznej pracy.



Cel pracy i jego uzasadnienie

Cel pracy poprzedza 30 stronicowy wstęp teoretyczny, w którym Doktorantka przedstawia aktualny stan wiedzy związany z tematem pracy doktorskiej, jak również wskazuje na obszary wymagające uzupełnienia, głębszej analizy i interpretacji w przedmiotowym zakresie. Rozdział ten jest kompletny i zawiera aktualne informacje na temat: węglowodanów i sposobu ich trawienia, charakterystyki enzymów rozkładających skrobię, inhibitorów enzymów glikolitycznych jak i charakterystyki szyszek chmielu i poprodukcyjnych wychmielin. Wstęp jest dokładnie przemyślany i stanowi logiczną całość, a także nawiązanie do celu i zakresu pracy. Już na tym etapie doskonale widać, iż Doktorantka jest zaznajomiona z tematem, a także doskonale zdaje sobie sprawę z ograniczeń oraz luk, które powstały w podejmowanej tematyce. Wskazuje Ona, przede wszystkim, iż do tej pory właściwości inhibicyjne w stosunku do enzymów glikolitycznych metabolitów wtórnych roślin badane były w większości w oparciu o układy: wieprzowa α -amylaza trzuskowa – skrobia ziemniaczana oraz α -glukozydaza z komórek drożdży *Sacharomyces cerevisiae* – glukopiranozyd *p*-nitrofenolu, co w znacznym stopniu ogranicza możliwości poznania faktycznego efektu z uwagi na to, iż właściwości te mogą być kreowane także przez rodzaj użytego substratu oraz źródło pochodzenia enzymów. Dodatkowo mgr inż. Iwona Majewska, wskazuje, iż ważnymi czynnikami determinującymi aktywność hamującą wobec enzymów glikolitycznych są cechy strukturalne związków polifenolowych, a każda zmiana w strukturze na skutek m.in.: hydroksylacji, glikozylacji, metylacji czy estryfikacji może skutkować zmianą badanego efektu. Stąd zdolność do inhibicji α -amylazy i α -glukozydazy z uwagi na profil związków polifenolowych jak i ich strukturę może być zupełnie odmienny w przypadku szyszek chmielu, aniżeli wychmielin.

Wstęp teoretyczny bezpośrednio nawiązuje do **celu głównego**, przedstawionego w rozdziale „Cel i zakres pracy”. Doktorantka sformułowała go jako *określenie potencjału przeciwcukrzycowego ekstraktu z wychmielin i wydzielonych z niego frakcji w różnych układach pomiarowych*. Pani mgr inż. Iwona Majewska sformułowała także **hipotezę badawczą**, iż *właściwości inhibicyjne związków fenolowych pochodzących z wychmielin są zależne od źródła pochodzenia enzymów glikolitycznych oraz od rodzaju użytych substratów*.

Doktoranta w kolejnych etapach prezentowanej dysertacji konsekwentnie realizowała postawiony cel oraz weryfikowała postawioną hipotezę badawczą. Szkoda jednak, że nie pokusiła się Ona w tym rozdziale o wyznaczeniu celów szczegółowych, dzięki którym powstałby pełniejszy i bardziej precyzyjny obraz planowanych do realizacji zadań. Co prawda wskazano następnie zakres pracy, ale był on dosyć chaotyczny i w formie graficznej prawdopodobnie byłby bardziej czytelny i uporządkowany. Nie zmienia to jednak ogólniej oceny, iż zarówno cel jak i hipoteza badawcza były poprawnie postawione.



Ocena części doświadczalnej pracy

Rozdział 'Część doświadczalna' pozwala na ocenę podejścia metodycznego do przeprowadzenia poszczególnych doświadczeń zaplanowanych w pracy doktorskiej. Pierwsza jego część skupia się na przedstawieniu materiałów, zarówno tych stanowiących główny rdzeń pracy tj. wychmielin, jak również odczynników, rodzaju wykorzystanych źródeł, kolumny chromatograficznej oraz aparatury. W drugiej części mgr inż. Iwona Majewska opisuje dosyć szczegółowo metody analityczne oraz statystyczne wykorzystane w pracy. Metodyka badań jest dobrze przedstawiona, a jej lektura pozwala stwierdzić, iż warsztat pracy był właściwie zorganizowany, chociaż Doktorantka mogłaby się pokusić o przedstawienie organizacji doświadczenia w formie graficznej, co w znaczny sposób zwiększyłoby czytelność dysertacji. Autorka wykorzystwała szerokie spektrum metod zarówno spektrofotometrycznych, spektrofluorymetrycznych, elektroforetycznych, jak również chromatograficznych z wykorzystaniem UPLC-PDA-FL czy LC-MS/QTOF. Przedstawione metody analityczne pozwalają na uzyskanie rzetelnych i miarodajnych rezultatów, stąd też można stwierdzić, iż jakość prezentowanych wyników kształtuje się na wysokim poziomie.

W tej części nasuwają się jednak dwa zasadnicze pytania:

1. **Dlaczego Doktorantka zdecydowała się na zastosowanie tak krótkiej ekstrakcji, kolejno 30 minutowa oraz 2 x 15 minutowa?** Można przypuszczać, że wykorzystanie dłuższego procesu ekstrakcyjnego dodatkowo wspomaganego ultradźwiękami mogłoby zwiększyć wydajność procesu.
2. **Dlaczego podczas frakcjonowania Doktorantka mierzyła absorbancję przy długości fali 360 nm, celem wydzielenia głównych frakcji?** Prawdopodobnie korzystniejsze byłoby wykorzystanie nieco mniejszej długości fali – 320 nm lub 280 nm, które są charakterystyczne kolejno dla kwasów fenolowych oraz flawan-3-oli, co jest bardziej kompatybilne z profilem związków występujących w szyszkach chmielowych i pozwoliłoby na jeszcze bardziej precyzyjny rozdział i selekcje głównych frakcji.

Powyższe nie zmieniają jednak ogólnej oceny, iż jakość części doświadczalnej pracy była na bardzo dobrym poziomie.



Interpretacja i dyskusja otrzymanych wyników oraz ocena wnioskowania

Kolejny obszerny i zasadniczy fragment dysertacji stanowią dwa następujące po sobie rozdziały tj. 'Wyniki' (str. 54 – 98) oraz 'Dyskusja' (str. 99 – 120), które nawiązują bezpośrednio do wcześniej przedstawionego przeglądu literatury oraz umożliwiają realizację celu pracy, a także weryfikację postawionej hipotezy badawczej. Rozdział 'Wyniki' podzielono na 5 zasadniczych części, które są kompatybilne z zadaniami wyznaczonymi przez Doktorantkę w rozdziale 'Cel i zakres pracy'. Rozdział 'Dyskusja' przygotowano w podobnej, 5 podrozdziałowej koncepcji, przy czym w ostatniej części mgr inż. Iwona Majewska poświęciła rozważaniom i wyznaczeniu kierunków badań w przyszłości, co jest bez wątpienia niezwykle cennym elementem tej pracy.

Pierwsza część wyników zatytułowana została '*Zawartość związków polifenolowych w ekstrakcie i frakcji z wychmielin*'. Zgodnie z tytułem tego podrozdziału, Doktorantka dokonała analizy ogólnej zawartości związków polifenolowych, flawanoli, a także polimerów proantocyjanidyn w ekstrakcie i w poszczególnych frakcjach, które udało jej się otrzymać na drodze frakcjonowania. Wskazała ona na wydajność procesu ekstrakcji, a także dokładnie przeanalizowała efektywność wymywania związków polifenolowych ze złoża Sephadex LH-20. W kolejnej części pt. '*Skład jakościowy i ilościowy związków fenolowych wychmielin*', która bezpośrednio koresponduje z poprzedzającym go podrozdziałem, mgr inż. Iwona Majewska wykorzystwała bardziej zaawansowane techniki chromatograficzne do dokładnej oceny profilu jakościowego ekstraktu oraz poszczególnych frakcji, a także ich analizy ilościowej. Mnogość zidentyfikowanych związków i jakość prezentowanych wyników w tym podrozdziale świadczy z pewnością o bardzo dużym zaangażowaniu i intensywnej pracy Doktorantki w trakcie realizacji tej części. Wykorzystanie techniki ultrasprawnej chromatografii cieczowej połączonej z detektorem mas (UPLC-PDA-ESI-QToF-MS/MS) pozwoliło na identyfikację w sumie 97 związków fenolowych, wśród których wskazano obecność substancji należących do kwasów hydroksybenzoesowych (3 związki), hydroksycynamonowych (9 związków), flawonoli (28 związków), stilbenów (1 związek), innych związków fenolowych (1 związek), monomerów flawan-3-oli (4 związki), oraz proantocyjanidyn (51 związków). Ponadto Doktorantka pokusiła się o identyfikację oraz ilościowe oznaczenie prenyloflawonoidów, co na pewno trzeba uznać za wartość dodaną tej części. Należy podkreślić, że oby dwa te rozdziały dają bardzo kompletny obraz zawartości związków bioaktywnych zarówno w ekstrakcie jak i poszczególnych frakcjach otrzymanych z wychmielin, co na tym etapie pozwala na częściową realizację celu oraz stwarza podstawy do realizacji dalszych założeń związanych z analizą zdolności do inhibicji enzymów glikolitycznych. Bez wątpienia rozdziały te są dobrze zaprezentowane, a wykorzystane metody badawcze dają obiektywne i wiarygodne wyniki. Wydaje się jednak, iż połączenie obu tych rozdziałów w jeden, tak jak to zrobiono w przypadku dyskusji, byłoby lepszym rozwiązaniem. W ten sposób można by było uniknąć prezentacji wyników otrzymanych metodą Folina-



Cioalciu, która to jest obarczona dużym błędem i nisko specyficzna. Ponadto uważam, że można było się pokusić o ilościowe oznaczenie we frakcji 6, pomimo *niedostatecznego rozdziału związków* – jak wskazuje Doktorantka. Skoro analiza jakościowa została przeprowadzona i w jej wyniku zidentyfikowano aż 45 związków, z pewnością można by było oznaczyć też stężenie tych związków, przynajmniej sumaryczne.

Podrozdział, który stanowi omówienie powyższych wyników został zatytułowany '*Ocena składu jakościowego i ilościowego związków fenolowych ekstraktu i frakcji z wychmielin*' i znajduje się w rozdziale 'Dyskusja'. W części tej Doktorantka w sposób poprawny dyskutuje otrzymane wyniki z dostępną literaturą naukową, wskazując zasadność stosowania wychmielin jako źródła związków bioaktywnych. W tym konkretnym podrozdziale, pojawiają się jednak powtórzone elementy z omówienia wyników, których można by było uniknąć.

Kolejny etap pracy koncentruje się na ocenie zdolności do inhibicji α -amylazy ekstraktu oraz frakcji otrzymanych z wychmielin, a omówienie wyników otrzymanych w trakcie jego realizacji zostało przedstawione w rozdziale pt. '*Wpływ składników wychmielin na aktywność α -amylazy*'. W prezentowanej dysertacji Doktorantka wykorzystwała rozbudowany i dotychczas nie stosowany na taką skalę układ analizy aktywności tego enzymu, złożony z trzech jego rodzajów – ludzkiej i wieprzowej α -amylazy trzustkowej oraz ludzkiej α -amylazy ślinowej, a także pięciu rodzajów substratów skrobiowych tj. ziemniaczany, ryżowy, kukurydziany, pszenne i z tapioki. Zarówno ekstrakt otrzymany z wychmielin jak również 7 wcześniej otrzymanych frakcji było dokładnie zbadanych według przyjętego modelu. Na tym etapie, Doktorantka wykazała szereg interesujących zależności, a przeprowadzone badania pozwoliły na wskazanie, iż ekstrakt z wychmielin i jego frakcje hamowały rozkład skrobi w różnym stopniu zależnym od pochodzenia enzymu i rodzaju substratu skrobiowego. Aktywność wszystkich stosowanych w badaniu α -amylaz była hamowana przez frakcje 5, 6 i 7 oraz ekstrakt z wychmielin bez względu na botaniczne źródło pochodzenia skrobi. Najbardziej efektywnym inhibitorem była frakcja 7, dla której wartości IC_{50} kształtowały się w zakresie 20-30 $\mu\text{g/ml}$ względem ludzkiej α -amylazy ślinowej, 70-90 $\mu\text{g/ml}$ względem ludzkiej α -amylazy trzustkowej oraz w przedziale 10-40 $\mu\text{g/ml}$ wobec wieprzowej α -amylazy trzustkowej, co niejednokrotnie było konkurencyjne względem akarbozy. Doktorantka w swojej pracy wskazała, iż na aktywność antyamylazową ma wpływ nie tylko rodzaj stosowanego inhibitora, ale także rodzaj enzymu oraz substratu wykorzystywanego w trakcie analizy. Tym samym, zidentyfikowanie inhibitora silniejszego niż akarboza w badaniach z zastosowaniem wieprzowej α -amylazy trzustkowej lub skrobi ziemniaczanej, nie musi oznaczać, że inhibitor ten, będzie równie skuteczny w innym układzie.

Mgr inż. Iwona Majewska bardzo dobrze przygotowała tę część omówienia wyników, rozdział ten jest uporządkowany, a kolejne jego akapity są logicznie powiązane. Na uwagę zasługuje też element podsumowania, który pojawił się po umówieniu każdego z układów. Równie dobra jest



dyskusja tego fragmentu pracy, która znajduje się w podrozdziale '*Aktywność inhibicyjna ekstraktu i frakcji z wychmielin względem α -amylazy*'. Jest ona wielowątkowa, obejmuje próbę wytłumaczenia mechanizmów zachodzących reakcji i podejmuje jej wieloczynnikowość. Zarówno jakości inhibitora, jego składu, interakcji między poszczególnymi związkami ekstraktu, ze szczególnym uwzględnieniem efektywności działania polimerów proantocyjanidyn, jak również wpływu rodzaju substratu i enzymu na przebieg reakcji oraz bezpośrednich interakcji pomiędzy składnikami reakcji tj. substrat – związki polifenolowe; związki polifenolowe – enzym; enzym – substrat. Elementem, który mógłby pojawić się w omówieniu wyników i z pewnością zwiększyłoby zrozumienie pewnych reakcji byłaby analiza PCA lub inna pochodna. W żaden sposób nie zmienia to jednak faktu, iż ten fragment pracy został bardzo dobrze omówiony i przedyskutowany.

Następny etap pracy, zgodnie z jej celem i postawioną hipotezą, dotyczy zdolności antyglukozydazowej wychmielin i został umieszczony w podrozdziale zatytułowanym '*Aktywność inhibicyjna składników wychmielin wobec α -glukozydazy*'. Podobnie jak w przypadku α -amylazy, Doktorantka do oceny aktywności α -glukozydazy wykorzystała złożony układ, który w takiej formie zastosowano po raz pierwszy w pracy naukowej. Uwzględnił on dwa rodzaje enzymów – α -glukozydazę otrzymaną poprzez ekstrakcję acetonowego proszku ze szczurzych jelit oraz rekombinowaną α -glukozydazę z *S. cerevisiae* oraz pięć rodzajów substratów - glukopiranozyd p-nitrofenolu, α -D-glukopiranozyd 4-metyloumbeliferonu, maltozę, sacharozę i dekstryny. W tej części pracy Doktorantka wykazała, że aktywność inhibicyjna ekstraktu i frakcji z wychmielin była wyższa wobec α -glukozydazy drożdżowej niż względem enzymu ze szczurzych jelit, przy czym należy podkreślić, iż na końcowy efekt ma także wpływ rodzaj zastosowanego substratu. Najaktywniejszym inhibitorem szczurzej α -glukozydazy była akarboza, która z kolei okazała się najmniej efektywnym inhibitorem drożdżowej α -glukozydazy. Dodatkowo, Pani Magister wskazała, iż najniższe wartości IC_{50} w układzie z drożdżową α -glukozydazą wyznaczono dla frakcji 6, 5 lub 7 z wychmielin (w zależności od rodzaju substratu), z kolei w przypadku układu ze szczurzą α -glukozydazą najbardziej efektywne były frakcje 6, 4 lub 7, co pozwala przypuszczać, że podobnie jak w przypadku α -amylazy, proantocyjanidyny są w największym stopniu odpowiedzialne za efekt hamowania aktywności α -glukozydazy. W tym miejscu warto zauważyć, że wykorzystanie do omówienia wyników dodatkowej analizy statystycznej, pozwoliłoby na lepsze zobrazowanie korelacji pomiędzy poszczególnymi składnikami układu, a omówienie zostałooby wzbogacone o zależności na drodze enzym i substrat, a związki polifenolowe, czego zabrakło. Nie zmienia to jednak ogólnego wrażenia, że etap ten od strony merytorycznej nie budzi zastrzeżeń. Ponadto aspekt związków polifenolowych i ich wpływu na efekt hamujący wobec α -glukozydazy pojawia się we fragmencie dyskusji, która koreluje z tą częścią omówienia i została przedstawiona w satysfakcjonujący sposób w podrozdziale pt. '*Aktywność inhibicyjna ekstraktu i frakcji z wychmielin względem α -glukozydazy*'.



Ostatnia część omówienia wyników (*Potencjał antyoksydacyjny ekstraktu i frakcji z wychmielin*) jest z kolei poświęcona potencjałowi antyoksydacyjnemu badanego materiału roślinnego, co stanowi dopełnienie dysertacji. Jest to dwustronicowe opracowanie, które wskazuje na wysoki potencjał przeciwutleniający frakcji 7, przy czym przeliczanie wyników na mmol Trolox/g związków polifenolowych nie do końca znajduje swoje uzasadnienie. Krótka dyskusja tej części znajduje się natomiast w podrozdziale *Składniki ekstraktu i frakcji z wychmielin jako antyoksydanty*. Doktorantka wskazuje w niej, że frakcje o wyższej zawartości tanin poza aktywnością inhibicyjną w stosunku do enzymów glikolitycznych mogą także chronić białka, tłuszcze i węglowodany przed uszkodzeniami, powstającymi na skutek reakcji wywołanych przez wolne rodniki, co w efekcie jest dodatkowym pozytywnym działaniem w kontekście aktywności przeciwcukrzycowej.

Podsumowując oby dwa rozdziały tj. *Wyniki* oraz *Dyskusję* stanowiącą rdzeń prezentowanej dysertacji, należy podkreślić, duży wkład Doktorantki, ogromną pracę oraz kompetencje w zakresie wykorzystanych przez nią technik analitycznych. Wyniki uzyskane przez Panią mgr inż. Iwonę Majewską zostały w sposób dokładny omówione oraz zestawione i porównane z najnowszą literaturą przedmiotu. Należy także dodać, że Autorka konsekwentnie i z sukcesem zrealizowała postawiony cel pracy, wykazując się przy tym umiejętnością stosowania języka naukowego.

Zwieńczeniem pracy jest rozdział *Wnioski*, w którym Doktorantka przedstawiła 8 wniosków zgodnych z uzyskanymi rezultatami, a także celem pracy. Wnioski są dobrze zredagowane i oddają istotę przeprowadzonych badań. Zamieszczone są także w logicznej kolejności, zgodnie z kolejnością omawiania poszczególnych etapów. Uważam jednak, że wnioski dotyczące zdolności ekstraktu z wychmielin i jego frakcji do inhibicji enzymów glikolitycznych mogłyby być bardziej szczegółowe.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny praca doktorska obejmuje oryginalne i wartościowe opracowanie naukowe, które istotnie poszerza wiedzę, zarówno w skali kraju jak i świata, w zakresie jakości i ograniczeń wynikających z dotychczas stosowanych metod wyznaczania zdolności do inhibicji enzymów glikolitycznych, ale także możliwości wykorzystania związków polifenolowych wychmielin jako skutecznych inhibitorów tych enzymów. Podejmuje ona także tematykę poszukiwania alternatywnych i skutecznych metod leczenia cukrzycy typu 2, wykorzystując przy tym wychmieliny jako surowca odpadowego, co wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju. Uzyskane wyniki badań są niezwykle obiecujące, ale wskazują też na pewne ograniczenia powszechnie stosowanych metod, co jest niezwykle cenne w ich przyszłej optymalizacji. Badania przeprowadzone przez mgr inż. Iwonę Majewską oraz ich jakość świadczą o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym i analitycznym.



Otrzymane wyniki pracy mają dużą wartość poznawczą i wnoszą oryginalny wkład do rozwoju wiedzy z zakresu technologii żywności i żywienia.

W świetle powyższego stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Iwony Majewskiej pt.: „Związki fenolowe wychmielin jako inhibitory enzymów glikolitycznych” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 13. ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2014 r. poz. 1852).

W związku z powyższym stawiam wniosek do Wysokiej Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. inż. Paulina Nowicka, profesor uczelni