

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Materiałów Polimerowych
ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin
tel. (91) 449-42-47, (91) 449-42-20; fax. (91) 449-43-65

Szczecin 03.07.2023 r.

dr hab. inż. Ewa Janus, prof. ZUT

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Przypis

pt. *„Wykorzystanie metod chemicznych i enzymatycznych w transformacji celulozy i odpadów przemysłu rolnego do produktów typu Fine Chemicals”*

wykonanej w Katedrze Chemii Organicznej, Bioorganicznej i Biotechnologii, Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Danuty Gillner, Prof. Pol. Śl.

Recenzja została sporządzona na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej z dnia 8 lipca 2022 r. i pisma (RDNCh.512.5.2023) Przewodniczącej Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne. prof. dr hab. inż. Doroty Neugebauer z dnia 24 kwietnia 2023 r.

Przedstawienie podstawowych danych o kandydatce

Pani Marta Przypis uzyskała tytuł magistra chemii, specjalność chemia bioorganiczna we wrześniu 2014 roku w Politechnice Śląskiej w Gliwicach, gdzie następnie od 1 października 2014 roku rozpoczęła kształcenie na studiach III stopnia w dyscyplinie nauki chemiczne. W listopadzie 2017 r., wszczęty został przewód doktorski Pani mgr inż. Marty Przypis. Z dokumentacji wynika, że doktorantka nigdy wcześniej nie ubiegała się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki chemiczne.

W trakcie kształcenia na studiach III stopnia, Pani Marta Przypis odbyła dwa zagraniczne staże naukowe – w Niemczech, w Ruhr University Bochum i w Holandii, w Delft University of Technology. Ponadto jeszcze na studiach II stopnia odbyła 2-miesięczny staż w Centrum Onkologii Narodowego Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie, Państwowego Instytutu Badawczego Oddział w Gliwicach. Doktorantka była także wykonawcą w pięciu projektach naukowo-badawczych, finansowanych ze źródeł zewnętrznych m.in. NCBiR, NUTRICIA Danone, Grupa Azoty Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. Doświadczenia te z pewnością stanowią ważny element w rozwoju naukowym Doktorantki.

Przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej oraz wskazanie i ocena celu pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wpisuje się w nurt istotnych dla rozwoju współczesnego przemysłu chemicznego badań, dotyczących alternatywnych, odnawialnych surowców i procesów ich przetwarzania do biochemikaliów.

Podjęta problematyka jest aktualna i dotyczy zagospodarowania odpadowej, szeroko dostępnej biomasy lignocelulozowej. Postawiony przez Doktorantkę cel był złożony i bardzo ambitny. Przede wszystkim założeniem było opracowanie metod przemiany biomasy i jej składników, tj. celulozy, do użytecznych produktów, takich jak glukoza, 5-hydroksymetylofurfural (5-HMF), kwas lewulinowy (LA). Związki te posiadają bowiem szerokie znaczenie przemysłowe i są uznane za strategiczne prekursory w produkcji m.in. rozpuszczalników, paliw, środków zapachowych, farmaceutycznych i wielu innych funkcjonalnych produktów. Należy podkreślić, że odpadowa biomasa, pochodząca z różnych źródeł, jest wykorzystywana przede wszystkim w celach opałowych lub po kompostowaniu w celach nawozowych, a tylko w niewielkim stopniu, do pozyskiwania takich pojedynczych, czystych substancji chemicznych. Ten obszar tematyczny rozpoznała i zgłębiła Autorka pracy. Pani Marta Przypis biorąc pod uwagę proekologiczne trendy rozwoju procesów przemysłowych, słusznie wytypowała ciecze jonowe oraz enzymy, jako rozpuszczalniki i katalizatory transformacji biomasy, a także substancji wzorcowych - celulozy mikrokrystalicznej, glukozy i fruktozy, do konkretnych chemikaliów. Założeniem Doktorantki było także opracowanie prostej i efektywnej metody dalszej konwersji produktów przetwarzania biomasy, tj. kwasu lewulinowego, do estrów kwasu lewulinowego, z wykorzystaniem kwasowych cieczy jonowych i glukozy do trehalozy z udziałem enzymów. W tym obszarze Autorka zwróciła uwagę na możliwość zminimalizowania ilości odpadów poprzez wdrożenie zawrotu cieczy jonowej w przypadku estrów LA a także zastosowanie procesu ciągłego w syntezie trehalozy.

Cele rozprawy zostały jednoznacznie i jasno wskazane przez Doktorantkę. W mojej ocenie, zaproponowana do realizacji celów, ścieżka badań jest jak najbardziej uzasadniona. Została podparta zarówno przeglądem literatury, jak i ogólnymi tendencjami w obszarze rozwoju technologii wykorzystania biomasy do produkcji biochemikaliów, a także opracowania wydajnych procesów w tym katalitycznych, z użyciem cieczy jonowych i biokatalizatorów (enzymów), które ograniczają emisję lotnych rozpuszczalników i spełniają zasady gospodarki obiegu zamkniętego.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Praca ma typowy układ prac eksperymentalnych i liczy 217 stron. Na początku rozprawy Doktorantka zamieściła streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, wykaz skrótów i nazw zwyczajowych a także wstęp oraz cele i założenia pracy, które wprowadzają czytelnika w zakres podjętej tematyki badawczej i jej znaczenie. Następnie znajduje się "Część literaturowa", licząca 59 stron, a po niej, na kolejnych 33 stronach, „Część eksperymentalna”, obejmująca stosowane w

badaniach odczynniki, aparaturę, sprzęt, materiały, metody analityczne oraz procedury badawcze. Główną, najistotniejszą część rozprawy stanowi rozdział „Omówienie wyników”, który zajmuje 87 stron wraz z podsumowaniem i wnioskami, zawierającymi najważniejsze konkluzje, odnoszące się do każdego z etapów badań. Praca zawiera 108 rysunków, przedstawiających struktury, schematy przemian a przede wszystkim wyniki badań własnych Autorki, które zebrane zostały także w 27 tabelach. Pracę dopełnia spis cytowanych źródeł literatury. Podany jest także dorobek naukowy Doktorantki.

Układ rozprawy jest przejrzysty i przystępny dla czytelnika, mimo że praca jest bardzo obszerna. Na uznanie zasługuje dobrze przemyślany sposób przedstawienia ogromu procedur badawczych, wyników badań, staranne ich opracowanie w postaci tabel i dobrej jakości rysunków a także właściwy opis i interpretacja.

Praca jest napisana bardzo poprawnie stylistycznie. Pod względem edytorskim została przygotowana niezwykle starannie. Użyta terminologia, nazewnictwo, zapisy wzorów chemicznych są prawidłowe. Drobne błędy literowe i interpunkcyjne nie wpływają na jakość naukową pracy i nie wymagają ich wymieniania.

Ocena merytoryczna rozprawy

Część literaturowa obejmuje pięć rozdziałów, w których na podstawie przeglądu literaturowego Doktorantka opisała szczegółowo zagadnienia związane z tematyką pracy. W rozdziale pierwszym przedstawiono budowę biomasy lignocelulozowej, z charakterystyką struktury poszczególnych jej frakcji a także ich zawartości w zależności od źródła pochodzenia biomasy. W rozdziale drugim zebrano i opisano wybrane metody stosowane do rozpuszczania celulozy i biomasy, ze szczególnym uwzględnieniem cieczy jonowych jako rozpuszczalników i wpływem różnych czynników na rozpuszczalność celulozy z ich udziałem. W kolejnych trzech podrozdziałach rozdziału 3 części literaturowej omówiono metody przetwarzania biomasy lignocelulozowej a także jej składowych – celulozy, hemicelulozy do biochemikaliów, przede wszystkim do kwasu lewulinowego, glukozy i 5-HMF. Szczegółowo przedstawiono tu metody chemiczne z użyciem kwasowych katalizatorów, w tym także cieczy jonowych oraz metody enzymatyczne i metody łączone. Doktorantka zamieściła informacje odnośnie wydajności i efektywności różnych metod a także przeanalizowała wady i zalety tych rozwiązań. Kolejna część przeglądu literaturowego, rozdział 4, dotyczy przetwarzania sacharydów (pentoz i heksoz), pochodzących z biomasy wobec cieczy jonowych i enzymów do LA, 5-HMF i trehalozy oraz informacje o sposobach przetwarzania kwasu lewulinowego do jego estrów. W ostatnim piątym rozdziale Doktorantka przedstawiła wybrane drogi przetwarzania biomasy lignocelulozowej wraz z przykładowymi biochemikaliami o znaczeniu strategicznym dla wielu branż przemysłu chemicznego i ich zagospodarowaniem.

Podsumowując część literaturową rozprawy mogę stwierdzić, że jest ona rzetelnie i szczegółowo opracowana, bazuje aż na 410 pozycjach literaturowych obejmujących naukowe

prace badawcze i przeglądowe oraz zawiera istotne informacje będące wprowadzeniem do podjętej tematyki badań i przedstawiające aktualny stan wiedzy w tym zakresie. Uważam, że Doktorantka w tej części pracy wykazała się umiejętnością studiowania dostępnej literatury naukowej oraz analizowania problemów badawczych.

W badaniach własnych mgr inż. Marta Przypis wykorzystwała jako biomasę zrębki tartaczne, stanowiące mieszaninę różnych rodzajów drewna, trawę oraz części orzecha włoskiego, takie jak zielone i brązowe łupiny oraz drewno i liście, które są łatwo dostępne i w niewielkim stopniu zagospodarowane. Przed przystąpieniem do właściwych badań Doktorantka określiła zawartość poszczególnych frakcji – celulozy, hemicelulozy i ligniny, wykazując różne proporcje w zależności od pochodzenia biomasy.

W pierwszym etapie badań, do przetwarzania biomasy Doktorantka wybrała kwasowe, protonowe ciecze jonowe z kationami: 1-metyloimidazoliowym, trietyloamoniowym, N-metylopirolidyniowym i 2-metylopirydyniowym oraz anionami o strukturze $[(\text{HSO}_4)(\text{H}_2\text{SO}_4)_x]^-$, gdzie $x = 0, 1$ lub 2 . Najpierw Doktorantka określiła rozpuszczalność celulozy mikrokrystalicznej w tych cieczach wykazując najlepszą w cieczy imidazoliowej (kation Hmim) o największej kwasowości, z anionem $[(\text{HSO}_4)(\text{H}_2\text{SO}_4)_2]^-$. Ustaliła, że ciecz ta pełni rolę jednocześnie rozpuszczalnika i katalizatora, o większej aktywności niż kwas siarkowy(VI) i prowadzi do powstania kwasu lewulinowego oraz 5-HMF. Dlatego w dalszej kolejności Doktorantka szczegółowo zbadała hydrolizę kwasową celulozy mikrokrystalicznej, jako wzorcowej substancji a także biomasy odpadowej różnego pochodzenia do tych dwóch produktów. Wykazała w tym etapie, że wzrost temperatury przyspiesza tworzenie kwasu lewulinowego, przy czym w wyższych temperaturach intensyfikacji ulegają reakcje uboczne, m.in. tworzenia humin, którym sprzyja także wydłużenie czasu hydrolizy i kwasowości cieczy jonowej. W stosunku do typu biomasy, większa w niej zawartość celulozy z reguły sprzyjała ilości tworzonego kwasu lewulinowego. Największe ilości kwasu lewulinowego uzyskano ze zrębków tartacznych, przy czym na efektywność roztwarzania wpływało także rozdrobnienie biomasy. Najlepsze wyniki stwierdzono dla rozdrobnienia $0,2 \text{ mm} < x \leq 0,6 \text{ mm}$. Dodatkowe informacje na temat kwasowej hydrolizy składników biomasy Doktorantka uzyskiwała przeprowadzając szczegółowe badania wpływu różnych parametrów - kwasowości cieczy jonowych z kationem imidazoliowym, ich ilości, temperatury reakcji oraz dodatku rozpuszczalnika organicznego na proces przemiany dwóch cukrów prostych – glukozy i fruktozy, jako związków modelowych. Badania te potwierdziły mniejszą reaktywność glukozy niż fruktozy. Ustalono, że w reakcji z użyciem $[\text{Hmim}][(\text{HSO}_4)(\text{H}_2\text{SO}_4)]$ oraz $[\text{Hmim}][(\text{HSO}_4)(\text{H}_2\text{SO}_4)_2]$ głównym produktem z obu cukrów jest kwas lewulinowy. W przypadku $[\text{Hmim}][(\text{HSO}_4)]$, z fruktozy powstaje 5-HMF, a glukoza nie ulega przemianie. Ponadto zastosowanie rozpuszczalnika (DMSO lub 2-propanolu) oraz cieczy jonowej o najwyższej kwasowości w ilościach katalitycznych, pozwoliło na uzyskanie z fruktozy najwyższej wydajności 5-HMF (84%) a także wyeliminowało problem tworzenia humin.

W drugim etapie badań własnych, Doktorantka zajęła się przetwarzaniem celulozy mikrokrystalicznej i odpadowej biomasy lignocelulozowej, w tym wydzielonej z niej frakcji celulozowej, z użyciem enzymów celulolitycznych, takich jak celulaza z *Aspergillus niger*, koktajl enzymatyczny Viscozyme L oraz preparat Celluclast 1.5 L. Autorka wykazała, że głównym produktem tych przemian była glukoza, która powstaje z największą wydajnością wobec celulazy z *Aspergillus niger*. Frakcje celulozowe wydzielone z biomasy w różnym stopniu ulegały hydrolizie, ze względu na różny stopień krystaliczności i polimeryzacji oraz pozostałości zanieczyszczeń. Najbardziej podatne na hydrolizę enzymatyczną były liście i zielone łupiny orzecha włoskiego. I w tym przypadku, podobnie jak w procesie hydrolizy kwasowej istotny był stopień rozdrobnienia biomasy. Ponadto stwierdzono, że obok glukozy w wyniku przetwarzania biomasy, powstają w niewielkich ilościach ksyloza, mannoza, galaktoza, arabinoza i celobioza, które obok ligniny oraz tanin negatywnie wpływają na aktywność enzymów. Doktorantka zaobserwowała synergizm działania celulazy z *A. niger* i Viscozyme L. w hydrolizie biomasy, co wynika z działania Viscozyme L. na ściany komórkowe roślin i tym samym ułatwienie dostępu enzymów do celulozy. Dla biomasy o dużej twardości, doktorantka wykazała korzystny wpływ wstępnej obróbki amoniakiem na następczą hydrolizę.

Trzeci etap badań dotyczy hydrolizy chemoenzymatycznej z udziałem cieczy jonowych i enzymów. Doktorantka wybrała, na podstawie literatury szereg cieczy jonowych, z których [bmim][Cl] okazała się najbardziej efektywna do obróbki wstępnej odpadowej biomasy, zawierającej dużo ligniny, takiej jak zrębki tartaczne czy drewno orzechowe i pozwoliła na zwiększenie wydajności glukozy nawet o 82%. Obróbka wstępna cieczami jonowymi może być przeprowadzona w wyższej temperaturze, co zwiększa dostępność biomasy dla enzymów. Przy czym jak wykazała Doktorantka korzystniejsze jest przeprowadzenie dwustopniowego procesu, tj. oddzielenie cieczy jonowej przed hydrolizą enzymatyczną lub zastosowanie cieczy jonowej w ilościach katalitycznych.

Czwarty etap badań w recenzowanej rozprawie obejmuje wyniki przetwarzania produktów hydrolizy biomasy do związków typu Fine Chemicals. Doktorantka przedstawiła w tej części pracy bardzo interesujące wyniki estryfikacji kwasu lewulinowego różnymi alkoholami, w obecności cieczy jonowej, z optymalizacją warunków tego procesu. Wykazała, że ciecz jonowa może być użyta w ilościach katalitycznych (12 % mol w stosunku do LA) i nie tylko katalizuje estryfikację, ale także ułatwia oddzielenie produktu. Dodatkową korzyścią wykazaną przez Doktorantkę był stosunkowo niski koszt cieczy jonowej i możliwość wielokrotnego jej zawrotu w procesie. Syntezy przeprowadzone przez Doktorantkę w większej skali, dobrze rokują na zastosowanie opracowanej metodyki w warunkach przemysłowych. Należy podkreślić, że przeniesienie skali procesu Pani Marta Przypis zrealizowała w ramach projektu „Inkubator Innowacyjności +”, POIR, Działanie 4.4. „Zwiększenie potencjału kadrowego sektora B+R”. Otrzymała ok. 10 L lewulinianu butylu i 4 L lewulinianu etylu, które przekazane zostały do badań aplikacyjnych zainteresowanym firmom.

Druga ścieżka badań tego etapu dotyczyła przemiany glukozy do trehalozy w selektywnych kaskadowo przeprowadzanych reakcjach enzymatycznych. Doktorantka zrealizowała te badania w

ramach projektu ERA-NET-IB, w którym była wykonawcą. Jej zadaniem było opracowanie warunków drugiego etapu przemiany z udziałem transferazy trehalozy mCherry-TuTreT. W tym zakresie Doktorantka opracowała skuteczną metodę immobilizacji enzymu na proszkowych nośnikach krzemionkowych. Wykazała, że preparaty osadzone na nośniku funkcjonalizowanym grupami aminowymi wykazują wyższą aktywność i stabilność temperaturową niż na nośniku funkcjonalizowanym grupami epoksydowymi. Za szczególne osiągnięcie tego etapu badań uważam zaproponowanie rozwiązania, w którym trehalozę można otrzymywać w procesie ciągłym. Opracowanie tego procesu wymagało immobilizacji enzymu wewnątrz strukturalnego mikroreaktora krzemionkowego. Takie rozwiązanie dodatkowo potrzebowało wyeliminowania infekcji mikrobiologicznych, które dezaktywowały enzym, dla którego Doktorantka znalazła skuteczny sposób.

Recenzowana rozprawa pokazuje, że mgr inż. Marta Przypis posiada niezwykle solidny warsztat badawczy. Godnym podkreślenia jest kompleksowy i interdyscyplinarny zakres badań i analiz, jaki zaprezentowano w rozprawie doktorskiej. Doktorantka udowodniła swoją pracę, że potrafi doskonale posługiwać się różnymi metodami badawczymi, wymagającymi dużej wiedzy i precyzji wykonania. Zarówno umiejętnie porusza się w chemicznych procesach katalitycznych, jak i w procesach enzymatycznych a także doskonale radzi sobie z różnorodnymi technikami analitycznymi, m.in. NMR, GC, HPLC, TLC, niezbędnymi do kontroli otrzymanych związków oraz prowadzonych procesów. Doktorantka wnikliwie i precyzyjnie analizuje i interpretuje uzyskane wyniki porównując je z dostępnymi wynikami innych autorów.

Rozprawa mgr inż. Marty Przypis stanowi jednolite opracowanie naukowe. Zawiera niezwykle wartościowy materiał z zakresu przetwarzania odpadowej biomasy lignocelulozowej z udziałem cieczy jonowych oraz enzymów celulolitycznych do biochemikaliów o dużym potencjale aplikacyjnym.

Za najważniejsze osiągnięcia rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Przypis uważam:

- Opracowanie wydajnej metody otrzymywania kwasu lewulinowego z celulozy oraz odpadowej biomasy w łagodnych warunkach z zastosowaniem kwasowej, protonowej cieczy jonowej.
- Dobór warunków – rodzaju i cieczy jonowej, temperatury i czasu procesu do przemiany glukozy i fruktozy do kwasu lewulinowego oraz dodatku rozpuszczalnika w przemianie fruktozy do 5-HMF.
- Wykazanie wysokiej efektywności hydrolizy enzymatycznej odpadowej biomasy do glukozy, w tym synergizmu działania celulazy z *A. niger* oraz Viscozyme L.
- Opracowanie efektywnej hydrolizy chemoenzymatycznej odpadowej biomasy do glukozy, z zastosowaniem wstępnej obróbki cieczą jonową [bmim][Cl] i następnie rozkładu z udziałem *A. niger*.

- Opracowanie nowej, wydajnej (do 99%) i ekonomicznie opłacalnej metody otrzymywania szerokiej gamy estrów kwasu lewulinowego z kwasu lewulinowego i alkoholi, z udziałem kwasowej cieczy jonowej, w temperaturze pokojowej.
- Wykazanie możliwości zwiększenia skali otrzymywania lewulinianu butylu oraz opracowanie metody wydzielenia cieczy jonowej i jej zawrotu do procesu bez generowania strat i stosowania dodatkowych odczynników z zachowaniem wysokich wydajności.
- Zastosowanie immobilizacji enzymów wewnątrz mikroreaktorów krzemionkowych i uzyskanie stabilnej kaskady enzymatycznej do otrzymywania trehalozy z glukozy w procesie ciągłym.
- Opracowanie sposobu eliminowania infekcji mikrobiologicznych w procesie ciągłym otrzymywania trehalozy z glukozy w kaskadzie enzymatycznej wewnątrz mikroreaktorów krzemionkowych.

Podczas czytania rozprawy zauważyłam kilka drobnych nieścisłości

- Str 109, w tekście pod tabelą 16 podano inne zawartości ligniny w badanej biomase, niż zamieszczone w tabeli.
- Str 140, rys. 68 w legendzie rysunku są te same ciecze jonowe.
- Str 177 w tekście podano błędnie odnośnik do rysunku 100 A zamiast 98 A.

W związku z recenzowaną pracą nasunęły mi się także następujące pytania:

1. Dlaczego do oznaczenia substancji ekstrakcyjnych w biomase wybrano etanol? Czy były podejmowane próby z innymi rozpuszczalnikami?
2. Jakie inne analizy, poza NMR można byłoby wykonać dla ekstraktów etanolowych biomasy żeby uzyskać informacje o składzie tych ekstraktów?
3. Czy znane są Doktorantce normy i wytyczne dotyczące oznaczania ligniny, celulozy i hemicelulozy w biomase, oprócz metod zastosowanych w rozprawie?
4. Na stronie 111 Doktorantka szereguje ciecze jonowe pod względem gęstości, ale przedstawia skróty samych kationów, a jaki jest anion związany z tymi kationami? Ponadto w zdaniu poprzedzającym Autorka pisze o tym, że wszystkie stosowane ILs miały gęstość większą od wody, podczas gdy przedstawione wartości są mniejsze od 1 g/ml. Proszę o uściślenie tych informacji.

Rozprawa doktorska mgr inż. Marty Przypis w moim przekonaniu zasługuje na wyróżnienie, jednak z przykrością stwierdzam, że ze względów formalnych nie mogę wystąpić z takim wnioskiem, gdyż zapisy punktu 5 Uchwały Nr 91/2016/2017 Rady Wydziału Chemicznego PŚ z dnia 22.03.2017 r. dotyczącej wyróżniania prac doktorskich na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach nie zostały spełnione. Należy podkreślić, że praca doktorska mgr inż. Marty Przypis zawiera ogromny materiał doświadczalny, w mojej opinii nawet na dwa doktoraty, o znaczącej wartości naukowej i

aplikacyjnej. Ponadto Doktorantka posiada niezwykle bogaty dorobek naukowy, który obejmuje 5 publikacji w czasopismach z listy JCR (w tym 4 związane z pracą), o łącznym IF tych publikacji wynoszącym 35,6, prawie sześciokrotnie przekraczającym wymagania ww. Uchwały. W dwóch publikacjach mgr inż. Marta Przypis (Musioł) jest pierwszym autorem. Do osiągnięć związanych z pracą doktorską należy dodać współautorstwo dwóch rozdziałów w monografiach, jednego patentu polskiego oraz 9 wystąpień ustnych i 12 posterowych na konferencjach międzynarodowych i krajowych, a także I miejsce w konkursie „Mój Biznes na Biznes”, I miejsce za najlepszy poster na konferencji naukowo-technicznej oraz wyróżnienie za najlepszą prezentację w konkursie Gliwickiego oddziału PTChem. Godne podkreślenia są odbyte przez Doktorantkę staże naukowe - dwa zagraniczne i jeden krajowy. Na uwagę zasługuje także udział mgr inż. Marty Przypis w licznych pracach naukowo-badawczych finansowanych ze źródeł zewnętrznych a także aktywność dydaktyczna i popularyzująca naukę.

Wniosek końcowy

Wartość naukową pracy oceniam bardzo wysoko. Przedstawione w rozprawie badania pozwalają stwierdzić, że mgr inż. Marta Przypis w pełni osiągnęła nakreślone cele badawcze. Wyniki podbudowała solidną interpretacją. Rozprawa zawiera szereg ważnych elementów nowości naukowej i ma duży potencjał aplikacyjny. Wysoką jakość badań potwierdzają liczne publikacje w czasopismach naukowych, monografiach i materiałach konferencyjnych

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Marty Przypis nt. *„Wykorzystanie metod chemicznych i enzymatycznych w transformacji celulozy i odpadów przemysłu rolnego do produktów typu Fine Chemicals”* spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone 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 dnia 21.06.2016 r., poz. 882). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne o przyjęcie rozprawy i o dopuszczenie mgr inż. Marty Przypis do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

