



Dr hab. Mariusz Trytek, prof. uczelni  
Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Środowiskowej  
Wydział Biologii i Biotechnologii UMCS  
mariusz.trytek@mail.umcs.pl

Lublin, 19.10.2022 r.

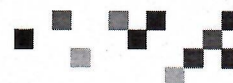
### **Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Alicji Surowiak**

**pt. „*Synteza i analiza aktywności przeciwdrobnoustrojowej lotnych związków organicznych*”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Stanisława Lochyńskiego i dr. inż. Daniela Struba  
w Katedrze Chemii Bioorganicznej i Bioobrazowania Politechniki Wrocławskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pod tytułem „*Synteza i analiza aktywności przeciwdrobnoustrojowej lotnych związków organicznych*” dotyczy wytwarzania pochodnych naturalnych związków karbonylowych, tj. oksymów i eterów oksymów, a także określenia ich właściwości przeciwdrobnoustrojowych i zapachowych w celu zastosowania w roli konserwantów w przemyśle kosmetycznym.

Pomimo znacznych postępów w chemii syntetycznej, produkty naturalne są nadal ważnym źródłem związków pod względem działania farmakologicznego, antyseptycznego i sensorycznego. Ten potencjał związków naturalnych można wykorzystać do tworzenia ich nowych pochodnych o wyższej aktywności biologicznej. Lotne związki organiczne, zwłaszcza terpenoidy zawarte w olejkach eterycznych, wykazują wiele cennych właściwości biologicznych. Liczne badania dowiodły, że ich modyfikacje strukturalne prowadzą do produktów o zwiększonej aktywności bakteriobójczej lub antynowotworowej. Ze względu na to, że większość terpenoidów to związki zapachowe, mogą one służyć także jako prekursorzy do otrzymywania nowych związków o potencjalnym zastosowaniu w przemyśle perfumeryjnym i kosmetycznym. Pewnym ograniczeniem w zastosowaniu takiego rozwiązania są dość niskie stężenia aktywnych związków w ekstraktach roślinnych oraz ich stosunkowo duża lotność, która wpływa negatywnie na wydajność syntetyzowanych pochodnych. Dlatego też, zadanie jakiego podjęła się Pani mgr Alicja Surowiak – synteza, izolacja i określenie





aktywności biologicznej oksymów i eterów oksymów wobec drobnoustrojów wymaganych w testach konserwacji produktów kosmetycznych, stanowiło duże wyzwanie. Warto podkreślić, że praca Pani mgr inż. A. Surowiak wpisuje się w ważny nurt badań z zakresu poszukiwania nowych związków dezynfekcyjnych i antybiotycznych, z uwagi na problem wzrostu lekooporności bakterii chorobotwórczych. Należy zaznaczyć, że m.in. z tego powodu niektóre antybiotyki, np. cefalosporyny poddaje się modyfikacjom poprzez wprowadzenie ugrupowań oksymowych.

Oceniana rozprawa doktorska liczy łącznie 112 stron i składa się z 6 głównych rozdziałów. Rozdział 2 „Przegląd literatury” poprzedzony jest dwustronicowym *Wprowadzeniem*, zawiera najważniejsze informacje wprowadzające w problematykę badawczą podjętą w rozprawie. Kolejny rozdział to jednostronicowy opis *Celu pracy*. W liczącym 30 stron Rozdziale 4 „*Badania własne*” przedstawiono łącznie: opis *Materiałów i metod*, omówienie wyników oraz krótką dyskusję. Prace kończą: 2 stronicowe *Podsumowanie*, *Spis literatury*, wykaz 6 rysunków, 10 tabel i opis aktywności naukowej Doktorantki. Na końcu zamieszczony jest załącznik w postaci tabeli zawierającej wyniki testów przesiewowych wykonanych metodą krążkowo-dyfuzyjną. Układ rozprawy doktorskiej jest poprawny, chociaż odbiega nieco od typowego dla pracy badawczej podziału treści. W mojej ocenie, dla większej przejrzystości pracy, Doktorantka mogła wyodrębnić oddzielny rozdział stosowanych materiałów i metod badawczych, po czym przedstawić wyniki i dyskusję (oddzielnie lub łącznie w jednym rozdziale). Z zupełnie niejasnych powodów wydzielono dwa podrozdziały *Cześć doświadczalna*.

Rozprawa doktorska została przygotowana starannie pod względem edytorskim. Praca jest przejrzysta, a cele badawcze zostały bardzo dobrze sformułowane. Przegląd literatury jest interesujący, oparty na aktualnych zagadnieniach, zawiera wszystkie potrzebne informacje, które są niezbędne dla zrozumienia podjętej tematyki badawczej oraz właściwej interpretacji otrzymanych rezultatów. Praca napisana jest poprawnym językiem naukowym, rzeczowo przedstawione są zagadnienia teoretyczne, jak i wyniki badań. Cel badań jest logicznie i jasno przedstawiony, zaś opis zastosowanych technik i metod badawczych pozwala na odtworzenie opisanych eksperymentów.

W ramach prowadzonych badań, Doktorantka zsyntetyzowała aż 92 nieopisane dotąd w literaturze etery oksymów, wykorzystując w tym celu halogenki alkilowe o prostych łańcuchach alifatycznych oraz otrzymane wcześniej w zespole prof. Stanisława Lochyńskiego oksymy: aldehydu cynamonowego, aldehydu benzoowego, jononu, cytralu, *p*-mentanu, a także związków karbonylowych o układach bicyklicznych i jasmonu. Należy zaznaczyć, że kilka produktów udało się uzyskać z wysoką wydajnością od 70 do 80%. Doktorantka wszystkie otrzymane związki oczyściła



przy użyciu technik frakcyjnej destylacji próżniowej i chromatografii typu *Flash*, uzyskując czystości przekraczające 90% (które są wystarczające do przeprowadzenia testów antymikrobiologicznych).

W tej części pracy przedstawiono wyniki analizy jakościowej i charakterystyki strukturalnej metodami  $^1\text{H}$  i  $^{13}\text{C}$  NMR i HRMS ESI+, oraz dane dotyczące wydajności i czystości otrzymanych produktów. Zabrakło w tym miejscu dyskusji lub chociażby krótkiego komentarza, np. na temat przyczyn niskiej wydajności reakcji *O*-alkilowania niektórych oksymów.

W dalszej części pracy, Pani mgr A. Surowiak określiła aktywność przeciwdrobnoustrojową otrzymanych związków, wobec szczepów patogennych objętych normami badania skuteczności środków do dezynfekcji i konserwantów stosowanych w produkcji kosmetyków, jak również wobec mikroorganizmów odpowiedzialnych za wtórne zakażenia kosmetyków. Wstępną selekcję najbardziej aktywnych związków (przeciw *Escherichia coli*, *Enterococcus hirae*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus brasiliensis* i *Candida albicans*), postanowiono wykonać w badaniach przesiewowych przy użyciu dwóch różnych metod: krążkowo-dyfuzyjnej oraz hodowli płynnej na płytkach 96-dołkowych. Następnie dla wyselekcjonowanych związków wyznaczono minimalne stężenie hamujące wzrost mikroorganizmów (wartości MIC) i porównano je z wartościami MIC otrzymanymi dla odpowiednich prekursorów. Doktorantka wykazała na przykładzie kilku szczepów, że ugrupowanie oksymowe może wzmacniać aktywność przeciwdrobnoustrojową lotnych związków karbonylowych, oraz częściowo potwierdziła, że etery oksymów są bardziej aktywne niż oksymy i mogą wykazywać szersze spektrum działania przeciw drobnoustrojom. Wartym odnotowania osiągnięciem tej pracy jest 128-krotny wzrost aktywności eteru *O*-metylowego oksymu  $\alpha$ -amylocynamaldehydu wobec bakterii *Kocuria rhizophila* w porównaniu z wyjściowym oksymem. Na uwagę zasługują także wyniki uzyskane dla  $\alpha$ -izometylojononu i jego pochodnych. Wartość MIC dla tego pierwszego związku wobec *E. hirae* wynosi 1200 mg/L, zaś dla jego oksymu MIC = 18,75 mg/L. Jeszcze wyższą aktywność (MIC = 9,87 mg/L) wykazał eter *O*-allilowy tego oksymu wobec *Staphylococcus epidermidis*. Szkoda tylko, że nie dołączono wyniku aktywności wobec tego szczepu dla oksymowego prekursora, co pozwoliłoby porównać aktywność oksymu i eteru. Niestety bakterie *L. pneumophila* i *P. putida* okazały się odporne wobec eterów oksymów w badanym zakresie stężeń referencyjnych. Doktorantka w wyniku przeprowadzonych eksperymentów wskazała na etery oksymów, które mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle kosmetycznym jako składniki dezynfektantów.

Na uwagę zasługują analizy dotyczące określenia profili zapachowych i progów wyczuwalności zapachu wybranych eterów oksymów, przeprowadzone we współpracy z zespołem

Chemii Bioorganicznej i Surowców Kosmetycznych Politechniki Łódzkiej i perfumiarkami z firmy FSZ "Pollena-Aroma". Jednak uważam, że wyniki tych analiz mogły być omówione bardziej szczegółowo na tle prac innych autorów.

Ponieważ z założenia recenzent wskazuje błędy i różne niedociągnięcia w pracy, dlatego kolejny fragment recenzji zawiera listę takich spostrzeżeń i uwag. Chciałbym w tym miejscu prosić Doktorantkę o odpowiedź na kilka pytań oraz ustosunkowanie się do pewnych uwag:

#### *Przegląd literatury*

1. Omawiając związki terpenoidowe Doktorantka zaznaczyła, że „występują w naturze głównie jako metabolity wtórne, ale również jako związki sygnalizujące, ochronne czy obronne” z czego wynika, że metabolity wtórne to grupa związków niemających nic wspólnego ze związkami sygnalizującymi czy ochronnymi. Terpenoidy roślinne o charakterze sygnalizacyjnym czy ochronnym należą do metabolitów wtórnych.
2. Limonen pozyskuje się raczej ze skórek owoców cytrusowych (olejku pomarańczowego), a nie „drogą syntezy chemicznej” (s. 7).
3. Nie jest jasne, który odnośnik literaturowy [20] czy [21], odsyła do informacji o wyższej aktywności biologicznej izomerów *E* oksymów niż izomerów *Z*.
4. Na str. 15, zamieszczona jest informacja, że w celu zwiększenia rozpuszczalności oksymów przeprowadza się estryfikację lub eteryfikację ugrupowania oksymowego. Czy rzeczywiście etery i estry oksymów wykazują wyższą rozpuszczalność w wodzie niż odpowiadające im oksymy? Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.
5. W tabeli 4, bakteriom *E. coli* przypisano wzrost w warunkach beztlenowych, podczas gdy pałeczki te są względnie beztlenowcami.
6. Przy opisie rodzajów lekooporności pojawiła się pewna nieścisłość (s.22). Oporność uwarunkowana genetycznie odnosi się do oporności naturalnej (wrodzonej), zaś przejęcie przez komórkę materiału genetycznego odpowiedzialnego za daną cechę oporności jest związane z horyzontalnym transferem genów oporności na antybiotyki.
7. Moim zdaniem, lektura rozdziału 2.4. dotyczącego testów konserwacji w przemyśle kosmetycznym byłaby znacznie łatwiejsza, gdyby w tabeli 5 i 6 wymieniono pełne nazwy rodzajowe wszystkich omawianych mikroorganizmów.

#### *Cel pracy*

8. Doktorantka pod koniec pracy, przy omawianiu wyników (s. 78) odnosi się do hipotezy, którą rzekomo „postawiła na początku badań”, mianowicie że „oksymacja prowadzi do wzmocnienia



aktywności przeciwdrobnoustrojowej”. Jednakże nigdzie w rozprawie doktorskiej takiej tezy nie znalazłem. We *Wprowadzeniu* (str. 5) jest jedynie informacja, że „obecność atomu azotu w cząsteczkach może się przyczynić do wzrostu ich aktywności przeciwdrobnoustrojowej [5]”.

Jeśli jeden z celów pracy miał dotyczyć weryfikacji tej hipotezy, powinna ona być wyszczególniona w celu badań.

#### *Badania własne (Materiały i metody)*

9. W przypadku kilku związków nie zamieszczono wyników dotyczących aktywności wobec niektórych szczepów (Tab. 9), co utrudnia analizę porównawczą aktywności eterowych pochodnych oksymów i ich prekursorów. Przykładowo, jeżeli Doktorantka na podstawie wartości MIC dla eterów oksymu perylaldehydu wobec *E. coli* stwierdza, że są „one znacznie bardziej aktywne niż odpowiadający związek karbonylowy 34 i oksym 16”, to w tabeli powinna być widoczna jakaś adnotacja również o aktywności oksymu i perylaldehydu względem tego szczepu (lub jej braku, np. oznaczenie n/a). Wprawdzie w dyskusji pojawia się informacja, że w testach przesiewowych nie zaobserwowano takiej aktywności, jednak moim zdaniem, porównywanie wyników otrzymanych w dwóch zupełnie różnych testach nie jest właściwe, tym bardziej, że można zauważyć pewne rozbieżności w wynikach obu testów dla niektórych związków.

10. Pomimo tego, że Tabela 9 zawiera wszystkie badane związki, to zabrakło klarownej informacji o tym, dlaczego przy każdym z nich jest podana różna liczba drobnoustrojów? Rozumiem, że wartości MIC wymieniono tylko przy mikroorganizmach, wobec których dany związek wykazywał aktywność?

11. Doktorantka mogła podać jaka była czystość chemiczna reagentów stosowanych w reakcji O-alkilowania w celu otrzymania nowych eterów oksymów.

12. Niejasne jest dlaczego w teście przesiewowym nr II, aktywność biologiczną eterów oksymów określano najpierw wobec mikroorganizmów związanych z systemami wentylacyjno-klimatyzacyjnymi, a następnie (łącznie ze zw. karbonyłowymi i ich oksymami) wobec grupy mikroorganizmów wtórnie zakażających kosmetyki. Można było to uzasadnić i ponadto wymienić nazwy szczepów, które stosowano w tym teście.

13. W celu przeprowadzenia testu aktywności przeciwdrobnoustrojowej, używano inokulum komórek bakterii lub zarodników grzybów, które pochodziły z 24-h hodowli płynnych. Czy Doktorantka miała pewność, że wszystkie testowane szczepy mikroorganizmów znajdowały się w fazie wzrostu logarytmicznego?

14. Zabrakło sprecyzowania czym charakteryzują się „dojrzałe zarodniki”.



15. Jaką metodą ustalano stężenie zarodników grzybów pleśniowych w zawieszynie (inokulum)?

*Badania własne (wyniki i dyskusja)*

16. Wzory strukturalne oksymów 1 i 2 (Rys. 3) są identyczne; tak samo jest w przypadku ich substratów prekursorowych 19 i 20 (Rys. 4).

17. Gdzieś zniknęły wartości czystości i wydajności dla produktu 114.

18. Nie doszukałem się wyników testów przesiewowych wykonanych metodą II. W opisie wyników jest tylko jedno zdanie informujące o kryterium, na podstawie którego zakwalifikowano związki do testów właściwych. Jednakże w tych ostatnich testach i tak przebadano wszystkie zsyntetyzowane etery oksymów, łącznie ze związkami karbonylowymi i ich oksymami, które nie wykazały aktywności w teście przesiewowym I (np. oksym werbenonu i *p*-aldehydu anyżowego). W jakim celu wykonywano zatem testy przesiewowe nr I i II?

19. Omawiając wyniki testów właściwych, Doktorantka zaznacza, że wykonała je w dwóch etapach badań, każdy z zastosowaniem innych grup mikroorganizmów. Ta informacja wprowadza nieco zamieszania, ponieważ nigdzie w pracy nie widać efektów/wyników tego podziału.

20. (Rys. 5 i 6) na zdjęciach płytek 96-dołkowych powinny być zaznaczone numery kolumn, a na zdjęciu 6 dodatkowo oznaczenia rzędów (od A do D). Druga sprawa dotyczy braku opisu prób kontrolnych (pozytywnej, negatywnej i próby ślepej) (s.75), czytelnik musi się domyślać co one zawierały. Sądząc po kolorach dołków w poszczególnych kolumnach, można przypuszczać, że kontrola negatywna nie była analogiczna jak w teście przesiewowym I (działanie r-ru DMSO na wysiane bakterie). Ponadto w testach z użyciem płytek 96-dołkowych powinna być także uwzględniona próba kontrolna zawierająca jakiś antybiotyk. Proszę o wyjaśnienie tych kwestii.

21. W teście przesiewowym i właściwym zastosowano resazurynę, barwnik używany do określenia żywotności komórek prokariotycznych i eukariotycznych. Doktorantka dodaje (s. 71), że w wyniku zmiany barwy pozwala on na ocenę, przy którym stężeniu badanego związku dochodzi do „śmierci komórek”. Na tej podstawie wyznaczono wartości MIC. Chciałbym zapytać Doktorantkę dlaczego jednak z użyciem tej metody nie dało się wyznaczyć wartości minimalnego stężenia biobójczego (MBC)? Uzupełnienie badań o te wyniki bez wątpienia podniosłoby wartość naukową pracy.

22. Czy roztwory badanych związków przed użyciem w testach właściwych, były sterylizowane z użyciem filtrów bakteriologicznych?

23. Czy „środek testowy” (s. 73), którym nasączano krążki, to roztwór substancji w DMSO o stężeniu wyjściowym w 30 mg/mL? Zabrakło tej informacji w opisie testu przesiewowego I.

24. Dlaczego założono, że strefy zahamowania wzrostu mikroorganizmów o średnicy mniejszej niż



10 mm, świadczą o braku aktywności antymikrobiologicznej badanych substancji? Czy miało to związek z wynikiem otrzymanym dla kontroli ujemnej DMSO?

25. (s. 78) Uważam, że przytoczone wartości MIC dla: olejku herbacianego i jego głównego składnika terpinen-4-olu, oraz dla mentolu i eukaliptolu, nie dowodzą synergistycznego działania komponentów olejków eterycznych.

26. W tekście lub w tabeli powinny być zawarte wyniki dla stosowanych antybiotyków w celu porównania aktywności badanych związków. Bez tego pozostaje tylko wierzyć Doktorantce w to co stwierdza na str. 78, że „*w porównaniu z dobrze znanymi antybiotykami, wszystkie związki były mniej skuteczne w stosunku do rozważanych szczepów drobnoustrojów*”.

27. Brakuje stosownego wniosku lub komentarza w zakończeniu części dotyczącej omawiania aktywności przeciwdrobnoustrojowej badanych związków.

28. Na str. 86 pojawia się informacja: „*W dostępnej literaturze jest mało publikacji dotyczących badań nad aktywnością niepodstawionych oksymów wobec analizowanych szczepów mikroorganizmów*”. Można było w tym miejscu zacytować przynajmniej niektóre artykuły.

29. W mojej opinii, opis analizy sensorycznej zawarty w części eksperymentalnej mógł być dołączony do *Przeglądu literatury*, natomiast w części metodycznej powinna znaleźć się informacja jakimi metodami określano profile zapachowe i wyznaczano progi wyczuwalności zapachu wybranych związków.

30. Wyniki analizy sensorycznej są bardzo interesujące, aczkolwiek przedstawione bardzo lakonicznie i bez rozwinięcia dyskusji. Zastanawiam się, jakie było kryterium doboru związków do tych analiz. Dlaczego nie uwzględniono w nich, tych najbardziej aktywnych biologicznie eterów oksymów (50, 80, 82), które oprócz potencjalnego zastosowania w roli konserwantów produktów kosmetycznych (czy środków czystości), mogłyby dodatkowo tworzyć ich kompozycje zapachowe?

31. Czy wniosek sformułowany przez Doktorantkę, że oksymy 50, 80, 82 w dopuszczalnym stężeniu „*nie znajdują zastosowania jako konserwanty*” nie jest przedwczesny i nazbyt pesymistyczny? Skoro dopuszczalna zawartość konserwantu w kosmetyku to 2%, a wartości MIC wyznaczone dla tych związków wahały się w zakresie 10 – 600 mg/L (czyli od 0,001 do 0,06%) to przecież nie można wykluczyć, że związki te w nieco wyższych stężeniach będą wykazywały szersze spektrum działania na mikroorganizmy. Jaka jest opinia Doktorantki na ten temat?

W trakcie lektury dysertacji natknąłem się także na błędy, głównie o charakterze edytorskim i stylistycznym. Zwłaszcza interpunkcja nie jest w pełni poprawna. Doktorantka miała problemy ze stosowaniem przecinków przed spójnikami, „*a także*”, „*jak również*”. Dodatkowo poza kilkoma



literówkami, niestety pozostał niepoprawiony na stronie 6 błąd ortograficzny. Można mieć także pewne zastrzeżenia co do sformułowania niektórych wyrażen w rozprawie. Z recenzenckiego obowiązku przytoczę kilka przykładów:

- czytamy (s. 13), że pochodne oksymów występują w naturze i wytwarzane są „w cytochromie P450”, a powinno być, że przy udziale cytochromu P450;
- czasami pojawiają się kilka razy w jednym akapicie identyczne części zdań (str. 28/29).
- *Aspergillus brasiliensis* nie „wytwarza” czarnej pleśni (i *A. fumigatus* nie wytwarza szarej) lecz tworzy czarną pleśń, a dokładniej wytwarza czarne zarodniki (konidia); podobnie w tym sensie niektóre bakterie są zdolne do tworzenia biofilmu, a nie jego „wytwarzania”;
- na str. 19 pojawiła się pomyłka przy numerze cytowania [49];
- zwracam uwagę, że „oporność” i „odporność” nie są wyrazami znaczeniowo równoważnymi; w kontekście lekooporności mikroorganizmów stosujemy tylko ten pierwszy termin, zaś drugi odnosi się do utrzymywania stanu równowagi organizmów, głównie do cech układu immunologicznego;
- (s.25) Doktorantce zapewne chodziło o stopień redukcji liczebności (lub liczby komórek) mikroorganizmów, a nie „o stopień redukcji mikroorganizmów”;
- saprofity rosną również na rozkładającej się materii organicznej (s.29);
- (s. 5) „Związki zapachowe utleniają się” czy ulatniają się/parują w temperaturze otoczenia?
- (s. 33) „przeciw nadciśnieniowym” pisze się łącznie;
- dlaczego Doktorantka przypisała kolor czerwony długości fali światła  $\lambda=254$  nm?

Powyższe uwagi mają przede wszystkim charakter dyskusyjny i nie pomniejszają bardzo dużej wartości poznawczej i aplikacyjnej pracy. Uważam, że rozprawa doktorska przygotowana przez mgr inż. Alicję Surowiak prezentuje bardzo dobry poziom merytoryczny i naukowy. Została prawidłowo zaplanowana i zrealizowana. Wnosi oryginalny wkład do wiedzy o aktywności biologicznej naturalnych związków zapachowych. Przeprowadzone na podstawie literatury światowej rozważania, uzasadniają słuszność podjęcia tego tematu pracy. W mojej opinii, wyniki zaprezentowane w rozprawie doktorskiej są przekonujące i świadczą o rzetelnym i dokładnym przeprowadzeniu zaplanowanych badań, które umożliwiły osiągnięcie celu badawczego. Podkreślić należy szeroki zakres wykonanych eksperymentów, który wskazuje na ogrom pracy włożonej w przeprowadzenie syntezy i oczyszczanie związków, jak i oznaczenia ich aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Widać, że Doktorantka umiejętnie posługuje się technikami mikrobiologicznymi oraz metodami analizy instrumentalnej jako narzędziami niezbędnymi do

ilościowej i jakościowej charakterystyki syntetyzowanych produktów, zaś otrzymane wyniki interpretuje prawidłowo.

W podsumowaniu chcę podkreślić, że rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Surowiak jest wartościowym dziełem, zawiera elementy nowatorskie, a przedstawione w niej wyniki mają wyraźny charakter aplikacyjny. O wysokiej wartości aplikacyjnej tego opracowania świadczy imponująca liczba otrzymanych patentów, których Pani mgr A. Surowiak jest współtwórczynią. Co więcej, Doktorantka może pochwalić się komercjalizacją części wyników swojej pracy, gdyż jeden z wynalazków został już wdrożony do przemysłu. Na pochwałę zasługuje również opublikowanie części otrzymanych wyników w 4 bardzo dobrych czasopismach z IF, oraz w 2 recenzowanych artykułach opublikowanych w czasopismach z listy MEiN. Doktorantka w pięciu publikacjach jest pierwszym autorem.

Reasumując, stwierdzam, że przedstawiona przez mgr inż. Alicję Surowiak rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wnosząc znaczny wkład w dziedzinę nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

**Biorąc pod uwagę powyższe oraz uwzględniając bardzo wysoką ocenę merytoryczną rozprawy doktorskiej, jak również możliwość praktycznego zastosowania jej wyników, zwracam się do Wysokiej Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne Politechniki Wrocławskiej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Alicji Surowiak oraz wnoszę o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

