



---

## POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

dr hab. inż. Jakub Zdarta, prof. PP  
Wydział Technologii Chemicznej  
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej  
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań  
tel. +48 61 665 3720, fax +48 61 665 3649  
e-mail: Jakub.Zdarta@put.poznan.pl



Poznań, 29.03.2024r.

### RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr Kingi Mylkie

pt.: „Nanocząstki magnetyczne funkcjonalizowane polisacharydami zawierającymi ugrupowanie kwasu boronowego do wiązania alfa-1-kwaśnej glikoproteiny”

opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Wydziału Chemii  
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Rozprawa doktorska mgr Kingi Mylkie została zrealizowana w Katedrze Chemii Biomedycznej i Polimerów Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu pod kierunkiem dr hab. Marty Ziegler-Borowskiej – uznanej ekspertki w zakresie chemii nanomateriałów oraz ich wykorzystania w tworzeniu systemów białkowych. Zakres prezentowanej rozprawy w ogólnym zarysie dotyczy wytworzenia magnetycznych nanocząstek, ich funkcjonalizacji polisacharydami oraz wytworzenia układów zawierających w składzie alfa-1-kwaśną glikoproteinę o potencjalnym znaczeniu aplikacyjnym.

Tematyka badań podjęta w rozprawie doktorskiej przez mgr Kingę Mylkie jest aktualna oraz wartościowa, nie tylko z naukowego, ale także z praktycznego punktu widzenia, a prace związane z opracowaniem systemów biomarkerów opartych na biopolimerach do wykorzystania w testach biomedycznych, są obecnie prowadzone w wielu renomowanych ośrodkach naukowych na całym świecie. Potwierdzeniem tego faktu jest znaczna ilość doniesień literaturowych opublikowanych na przełomie ostatnich lat. W tematyce biomarkerów odnotowany jest stały wzrost ilości artykułów naukowych, których liczba od 2010 roku przekroczyła 650 000, podczas gdy publikacji nt. chitozanu w analogicznym okresie czasu przedstawiono niemalże 100 000 (dane z bazy SCOPUS z dn. 01.04.2024r.). Wartości te jednoznacznie potwierdzają duże znaczenie, jak i aktualność tematyki podjętej w przedłożonej rozprawie doktorskiej.

Biomarkery stanowią szeroką i zróżnicowaną grupę substancji/procesów, które wykorzystywane są jako wskaźnik biologiczny, których poziom dostarcza informacji na temat różnego typu zjawisk czy procesów fizjologicznych zachodzących w organizmach żywych. Biomarkery coraz częściej stosowane są jednak nie tylko w testach biomedycznych, ale także w terapii spersonalizowanej czy w procesach rozwoju leków. Jednak wykorzystanie czystych biomarkerów często związane jest z koniecznością stosowania kosztocłonnych technik obróbki czy analizy próbki, a także obarczone jest znacznym błędem pomiarowym. Stąd konieczność prowadzenia badań nad zastosowaniem dodatkowych nośników, które mogą być wykorzystywane do izolacji, identyfikacji

i oznaczenia stężenia białek w próbkach biologicznych. Materiały te, poza znaczną zdolnością do stabilnego wiązania biomarkerów, muszą się także odznaczać biogodnością i biokompatybilnością, a także nie wykazywać toksycznego wpływu na biomarker, jak i organizmy żywe. Ogromny postęp jaki dokonał się w ostatnich latach w dziedzinie nanotechnologii i nanomateriałów spowodował, że to właśnie nanocząstki, stanowią obecnie najszerszej stosowaną grupę nośników dla biomarkerów. Jednak celem zwiększenia ich powinowactwa oraz wytworzenia stabilniejszych wiązań nośnik-biomarker, stosuje się dodatkową funkcjonalizację, której główną ideą jest wprowadzenie dodatkowych grup chemicznych. W procesie tym stosuje się niezwykle szerokie grono modyfikatorów, jednak ze względu na charakter systemów biomarkerów oraz miejsce ich aplikacji, wiele prac skupia się na wykorzystaniu materiałów biopolimerowych oraz bioinspirowanych, w tym polisacharydów. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że opracowanie, a także wytworzenie funkcjonalnych systemów biomarkerów o zdefiniowanych właściwościach i pożądanym efekcie ciągle stanowi wyzwanie.

W ten nurt badawczy doskonale wpisuje się tematyka rozprawy doktorskiej Pani mgr Kingi Mylkie, której głównym celem, podzielonym na kilka obszarów tematycznych, było zaplanowanie syntezy materiałów powstałych w oparciu o nanocząstki magnetytu i polisacharydy, takie jak chitozan i skrobia. W pracy polisacharydy te poddano chemicznej modyfikacji celem wprowadzenia ugrupowania kwasów boronowych z wolnymi grupami dihydroksyborylowymi. Otrzymane układy poddano zaawansowanej charakterystyce fizykochemicznej oraz morfologicznej, jak i oceniono ich właściwości pod kątem zdolności wiązania  $\alpha$ -1-kwaśnej glikoproteiny (AGP). W dysertacji wykonano szereg prac badawczych, które obejmowały:

- modyfikację skrobi i chitozanu,
- syntezę magnetycznych nanocząstek i ich pokrycie modyfikowanymi polisacharydami,
- charakterystykę właściwości otrzymanych materiałów,
- testy zdolności otrzymanych materiałów do wiązania glukozy oraz  $\alpha$ -1- kwaśnej glikoproteiny.

Autorka wykorzystwała szerokie spektrum technik analitycznych, ze szczególnym uwzględnieniem technik spektroskopowych, które umożliwiły nie tylko potwierdzenie skuteczności przeprowadzonych procesów funkcjonalizacji, ale także pozwoliły na wieloaspektową ocenę i charakterystykę wytworzonych materiałów. W zrealizowanych badaniach niezwykle istotna była także ocena rodzaju, charakteru oraz ilości i położenia grup funkcyjnych w strukturze polisacharydu/kwasów boronowych na ilość związanej AGP, co pozwoliło na ocenę praktycznych właściwości powstałych materiałów pod kątem ich zastosowania w systemach biomarkerów.

Rozprawa doktorska Pani mgr Kingi Mylkie liczy 228 stron, jest napisana w języku polskim i została zilustrowana 166 rysunkami oraz 21 tabelami. Oceniana dysertacja przygotowana jest w układzie klasycznym i została podzielona jest na 8 głównych części, z czego najważniejsze rozdziały to: Wstęp (2 strony), Część teoretyczna (44 strony), Cel i zakres pracy (5 stron), Część eksperymentalna (35 stron) Wyniki i dyskusja (100 stron), Podsumowanie i wnioski (4 strony). Praca zwieńczona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz spisem literatury obejmującym 199 pozycji, które w większości zostały opublikowane w ostatnich 15 latach. Należy podkreślić, że Doktorantka dokonała trafnego doboru literatury wykorzystując piśmiennictwo opisujące zagadnienia poruszane w pracy. Co więcej, wykorzystana literatura jest bogata i zróżnicowana i pomaga nie tylko

we właściwym wprowadzeniu w temat dysertacji, ale także ułatwia interpretację uzyskanych zależności. Dodatkowo pracę uzupełniono o spis treści i spis stosowanych skrótów.

Zaprezentowany wstęp teoretyczny Doktorantka zawarła na 44 stronach i jest on podzielony na 3 główne podrozdziały, spośród których każdy zawiera także kilka podrozdziałów. W rozdziałach tych Doktorantka przybliżyła zagadnienia związane z tematyką pracy oraz zrealizowanymi badaniami. Mgr Kinga Mylkie opisała budowę i funkcję białek, ze szczególnym uwzględnieniem glikoprotein, a także scharakteryzowała magnetyczne nanocząstki i sposoby ich modyfikacji. Doktorantka sporo miejsca poświęciła też na opis zdolności magnetycznych nanocząstek modyfikowanych kwasami boronowymi do wiązania różnych glikoprotein. W mojej ocenie część literaturowa jest interesująca i zawiera szereg wartościowych informacji, a opisane zagadnienia są trafnie dobrane i wyczerpująco scharakteryzowane w kontekście całości pracy.

Kolejną część pracy stanowi zawarta na 35 stronach Część eksperymentalna, w której Doktorantka w sposób szczegółowy prezentuje sposoby modyfikacji polisacharydów oraz wytwarzania materiałów opartych o nanocząstki magnetyczne pokryte sfunkcjonalizowanymi polisacharydami. W pracy zaprezentowano też opis stosowanych technik analitycznych i instrumentalnych oraz wykonanych testów antybakteryjnych. Wszystkie procedury opisane są w pracy w sposób jasny i umożliwiający powtórzenie wykonanych testów. Dodatkowo Doktorantka zaprezentowała opis stosowanych w pracy krzywych wzorcowych oraz metody ilościowego oznaczania zaadsorbowanych glukozy oraz AGP. Jest to wartościowe uzupełnienie pracy wskazujące na samodzielność Doktorantki w realizacji badań.

Najbardziej rozbudowaną część pracy, która zawarta jest na 100 stronach, stanowią Wyniki i dyskusja. Rozdział ten podzielić można na 3 zasadnicze części, na które składają się modyfikacja chitozanu i skrobi i wytworzenie pochodnych tych związków, synteza modyfikowanych polisacharydami nanocząstek magnetycznych oraz charakterystyka wytworzonych układów i ocena ich zdolności do wiązania cukrów i glikoproteiny. Rozdział Wyniki i dyskusja przygotowany jest w sposób jasny, przejrzysty i dobrze zorganizowany, a także przybliży wspomniane już główne etapy, których realizacja pozwoliła także na osiągnięcie głównego celu pracy.

W pierwszym etapie prac Doktorantka podjęła próbę wytworzenia nowej grupy związków opartych na niemodyfikowanym chitozanie, chitozanie z różną ilością pierwszorzędowych grup aminowych odsuniętych od łańcucha głównego polimeru, chitozanie dialdehydowym oraz karboksymetylochitozanie, a także wykorzystując skrobię dialdehydową oraz karboksymetyloskrobię. Wszystkie te związki zostały poddane modyfikacji z wykorzystaniem dwóch kwasów boronowych, którymi były kwas 3-aminofenyloboronowy i kwas 4-formylofenyloboronowy. Wykorzystanie poszczególnego kwasu determinowane było sposobem wprowadzenia jego ugrupowania do polimeru, co następowało poprzez grupy aminowe lub amidowe. Efektem tych prac było otrzymanie materiałów o różnej zawartości wolnych grup dihydroksyborylowych i różnym stopniu odsunięcia tych grup od łańcucha głównego polimeru, a także różnym sposobie przyłączenia ugrupowania kwasu boronowego do łańcucha polimerowego, co powinno mieć także przełożenie na właściwości tych substancji. Po zakończonym procesie syntezy, Doktorantka z wykorzystaniem m.in. spektroskopii  $^{13}\text{C}$  NMR,  $^{11}\text{B}$  NMR, spektroskopii FTIR, a także skaningowej mikroskopii elektronowej przeprowadziła szeroką charakterystykę zarówno prekursorów, jak i otrzymanych modyfikowanych polisacharydów, co pozwoliło nie tylko na potwierdzenie skuteczności modyfikacji,

ale także umożliwiło zdefiniowanie struktury powstających materiałów pod kątem ich dalszego zastosowania do wiązania AGP. Doktorantka w szczegółowy sposób analizuje zmiany jakie zachodzą na poszczególnych widmach po procesie syntezy i w poprawny sposób przypisuje poszczególne sygnały do atomów węgla lub boru, które znajdują się w strukturze poszczególnych materiałów. Interesującym rozwiązaniem zaproponowanym w tym etapie prac przez Doktorantkę było zastosowanie czynnika redukującego ( $\text{NaBH}_4$ ) celem redukcji wiązania iminowego do wiązania aminowego, co pozwoliło na otrzymanie analogicznych produktów, jednak z innym typem wiązania, co wykazała Doktorantka, również ma znaczny wpływ na właściwości modyfikowanych układów. W mojej ocenie, Doktorantka trafnie i wnikliwie ocenia wpływ poszczególnych parametrów i zastosowanych materiałów wyjściowych oraz związków modyfikujących na finalne właściwości materiałów pod kątem ich dalszego wykorzystania. A na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorantka na tym etapie prac wytworzyła kilka nowych, nieopisanych dotąd w literaturze struktur o potencjalnie dużym znaczeniu praktycznym.

W następnym etapie prac Doktorantka wykorzystuje swoje doświadczenie w tworzeniu modyfikowanych materiałów biopolimerowych i nanosi powłoki na bazie chitozanu i/lub skrobi na powierzchnię magnetytu tworząc magnetyczne materiały typu core-shell z grupami funkcyjnymi zdolnymi do wiązania m.in. glikoprotein. Pierwszy etap prac stanowiło wytworzenie nanocząstek magnetytu, które zostały scharakteryzowane i wyznaczono ich średnią wielkość, która oscylowała w granicach 10 nm. Na tak powstały materiał naniesiono następnie chitozan i/lub skrobię, które analogicznie jak w poprzednim etapie poddano dalszym modyfikacjom, których finalnym etapem było przyłączenie ugrupowań kwasu boronowego. W trakcie prac, z wykorzystaniem spektroskopii FTIR oceniono efektywność przeprowadzonych procesów funkcjonalizacji oraz dokonano oceny morfologicznej nowych materiałów w oparciu o rezultaty analiz TEM oraz analizę rozkładu wielkości poszczególnych cząstek. Doktorantka jasno wykazała, że obecność dodatkowych sygnałów na widmach FTIR wskazuje na skuteczne przeprowadzenie procesu modyfikacji, a ciekawą obserwację stanowi fakt, że w zależności od rodzaju wprowadzonego polisacharydu oraz typu jego modyfikacji, zmienia się wielkość powłoki wokół magnetycznego rdzenia, co ma przełożenie także na średnią wielkość cząstek finalnych materiałów. Niemniej jednak Doktorantka wykazała też, że choć wprowadzone modyfikacje są istotne z praktycznego punktu widzenia, to jednak nie wpływają one w żadnym stopniu na właściwości czy strukturę magnetycznego rdzenia, co gwarantuje możliwość szybkiej izolacji analizowanych materiałów z mieszaniny reakcyjnej.

W kolejnej części pracy Doktorantka dokonuje dalszej charakterystyki wytworzonych układów oraz ocenia zdolności powstałych materiałów do wiązania glukozy, jako modelowego cukru, a także  $\alpha$ -1-kwaśnej glikoproteiny. Istotnym etapem było określenie wielkości powierzchni właściwej wytworzonych materiałów, a na podstawie zebranych danych Doktorantka konkluduje, że nowopowstałe materiały odznaczają się mniejszą powierzchnią właściwą niż wyjściowe nanocząstki. Z kolei przeprowadzenie zaawansowanej charakterystyki termicznej powstałych systemów pozwoliło na określenie ich stabilności w szerokim zakresie temperatur, a także na określenie takich parametrów jak temperatura początku rozkładu, temperatura maksymalnej szybkości rozkładu oraz na wyznaczenie ubytku masy w analizowanym zakresie temperatur. Interesujący jest fakt, że Doktorantka przeprowadziła analizę termiczną w dwóch różnych mediach, w atmosferze powietrza, jak i azotu celem zobrazowania wpływu atmosfery analizy na uzyskane rezultaty. Doktorantka wykazała, że w atmosferze powietrza

chitozan i jego pochodne charakteryzują się trzema znaczącymi etapami ubytku masy, jednak nie wykazano wyraźnej tendencji wskazującej, czy modyfikacja wpływa na obniżenie czy podwyższenie temperatury w którym dany ubytek masy ma miejsce. Z kolei w atmosferze azotu większość próbek odznaczała się dwuetapowym ubytkiem masy. Analogiczne obserwacje odnotowano także w przypadku skrobi. Jednak najważniejsza informacja na jaką wskazuje Doktorantka dotyczy zdecydowanie mniejszego ubytku masy w całym analizowanym zakresie temperatur dla próbek po modyfikacji w porównaniu z wyjściowymi polisacharydami. Analiza termiczna wytworzonych materiałów core-shell z rdzeniem magnetycznym z powłoką z modyfikowanych polisacharydów wskazuje na dalszą poprawę stabilności tych materiałów względem prekursorów, co znajduje swoje odzwierciedlenie w znikomym ubytku masy analizowanych próbek. Rezultaty analizy termicznej pozwoliły też na określenie zawartości powłoki polimerowej w badanych próbkach. Doktorantka wykazała, że najwięcej, bo ponad 80% masy próbki stanowi powłoka wytworzona na materiałach CMSs-PBA-MNPs oraz Cs<sub>2</sub>-FPBA-MNPs, co jasno wskazuje, że im bardziej zaawansowana jest chemiczna modyfikacja polisacharydu, tym grubsza powłoka powstaje na nanocząstkach magnetycznych. Istotny etap badań stanowiła też ocena toksyczności otrzymanych substancji względem bakterii. Doktorantka wykazuje, że wszystkie analizowane materiały, zarówno polisacharydy, jak i materiały typu core-shell wykazują ponad 20-procentowy spadek przeżywalności bakterii Gram ujemnych (stosowanych w testach Microtox), co wskazuje na ich właściwości bakteriobójcze i predestynuje je do zastosowań praktycznych np. w medycynie. Jednak kluczowa w zrealizowanych pracach była ocena zdolności zsyntezowanych materiałów do wiązania cukrów oraz glikoprotein. W testach tych oceniono nie tylko ilość zaadsorbowanej substancji, ale przede wszystkim wpływ pH medium z którego prowadzono proces na finalną ilość związanego związku. Największą ilość glukozy osadzono na materiale Cs1-FPBA (ok. 124 mg/g), podczas gdy w przypadku AGP największa ilość związku została związana przez materiał CMCs-PBA, niezależnie czy występował on w formie samego polisacharydu (ok 43 mg/g), czy polisacharydu związanego z cząstkami magnetycznymi (ok. 20,5 mg/g). Doktorantka wykazała, że choć w przypadku materiałów typu core-shell związaniu ulega mniejsza ilość glikoproteiny, głównie ze względu na częściowe zaangażowanie grup funkcyjnych nanocząstek oraz polisacharydu w ich wzajemne połączenie, to jednak praca z materiałami magnetycznymi jest dużo szybsza i bardziej wydajna. W mojej ocenie, w tej części badań, na podkreślenie zasługuje fakt przeanalizowania rodzaju medium na wydajność procesu. Doktorantka wykazała, że większe ilości, zarówno glukozy, jak i AGP, zostają osadzone unieruchomione z roztworu buforu wodorowęglanowego o pH 9, co zostało wyjaśnione właściwościami i charakterem grup dihydroksyborylowych w pH 7,4 oraz pH 9.

Finalną część pracy stanowi Podsumowanie i wnioski, w której to części Doktorantka w zwięzły i syntetyczny sposób wykazuje najważniejsze osiągnięcia swoich badań. W kontekście omówionych powyżej osiągnięć naukowych chciałbym podkreślić, że przedłożona praca dotyczy nie tylko modyfikacji polisacharydów i ich nanoszenia na magnetyczne nanocząstki, ale stanowi także pogłębione studium nt. możliwości tworzenia zaawansowanych systemów biomarkerów. Przedstawiony materiał, zarówno teoretyczny, jak i doświadczalny jest bogaty, co również zasługuje na podkreślenie. Należy też wyraźnie odnotować, że postawione cele badawcze zostały w pełni zrealizowane, a uzyskane zależności wnoszą element nowości naukowej, o potencjalnym znaczeniu praktycznym. Do najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- otrzymanie dziewięciu rodzajów materiałów polisacharydowych, zawierających ugrupowanie kwasu boronowego o różnej ilości i położeniu grup funkcyjnych,
- opracowanie założeń otrzymywania materiałów złożonych z nanocząstek magnetycznych, których rdzeń stanowił magnetyt, pokrywanych zsyntetyzowanymi wcześniej materiałami zawierającymi ugrupowanie kwasu boronowego,
- wykazanie, że otrzymane i scharakteryzowane materiały wykazują wysoką zdolność do trwałego wiązania  $\alpha$ -1-kwaśnej glikoproteiny,
- analiza i wskazanie kluczowych zmiennych, które wpływają na ilość związanej  $\alpha$ -1-kwaśnej glikoproteiny.

Obowiązkiem recenzenta jest jednak ocena merytoryczna rozprawy oraz wskazanie pewnych niedokładności, nieścisłości bądź nieprecyzyjnych sformułowań w celu doprecyzowania tych wątpliwości i uzyskaniu dokładniejszego wyjaśnienia. Choć Autorka nie ustrzegła się kilku błędów językowych, formalnych oraz edytorskich i stylistycznych to chciałbym podkreślić, że w żadnym stopniu nie utrudniają one odbioru pracy, która napisana jest starannie, czytelnie i poprawnie językowo, a ponadto wyróżnia się estetyczną i starannie przygotowaną szatą graficzną. Mam jednak kilka komentarzy, jak i uwag i pytań, które nasunęły mi się w trakcie lektury pracy, a które stawiam w celu doprecyzowania pewnych fragmentów i uzyskania odpowiedzi Doktorantki.

1. W rozdziale 3 części teoretycznej Autorka zaprezentowała szereg przykładów dotyczących wiązania glikoprotein przez materiały na bazie nanocząstek magnetycznych. Na końcu rozdziału brakuje jednak syntetycznego podsumowania oraz dyskusji nt. wpływu rodzaju powłoki i sposobu modyfikacji na wiązanie glikoprotein oraz metod poprawy selektywności zaprezentowanej techniki.
2. Prosiłbym o wyjaśnienie dlaczego modyfikację polisacharydów na powierzchni magnetycznych nanocząstek przeprowadzano *in-situ*, a nie nanoszono na powierzchnię magnetytu uprzednio wytworzonych i zmodyfikowanych polisacharydów?
3. Czy Doktorantka badała wpływ zastosowanych  $\text{NaIO}_4$  lub  $\text{NaBH}_4$  na właściwości i strukturę wykorzystanych nanocząstek magnetycznych oraz polisacharydów?
4. Prosiłbym Doktorantkę o informacje, czy procesy modyfikacji polisacharydów, zarówno samych, jak i związanych z nanocząstkami magnetycznymi zostały opisane w sposób ilościowy, np. poprzez zaprezentowanie wydajności procesu.
5. W mojej ocenie opisanie/oznaczenie poszczególnych atomów węgla w strukturze analizowanych związków oraz przypisanie poszczególnych sygnałów na widmach NMR do tych atomów w znacznym stopniu ułatwiłoby odbiór pracy i interpretację przedstawionych widm.
6. Proszę o dokładną weryfikację tekstu na stronie 126 i 127 i Tabeli 6 oraz przypisanie odpowiednich wartości liczb falowych dla wszystkich analizowanych sygnałów. W obecnej wersji inne wartości liczby falowej są zaprezentowane w tekście i inne w tabeli.
7. Użycie sformułowania „pole powierzchni właściwej” nie jest poprawne, ponieważ w przypadku materiałów porowatych określa się ich powierzchnię właściwą. Dodatkowo nasuwa się pytanie, czy Doktorantka wyznaczyła też średnią wielkość porów oraz ich objętość z wykorzystaniem techniki niskotemperaturowej sorpcji/desorpcji azotu.

8. Czy Doktorantka podczas prac analizowała też zmiany właściwości magnetycznych nanocząstek po naniesieniu na ich powierzchnię polisacharydów, po modyfikacji polisacharydów oraz po związaniu glukozy lub AGP?
9. Poza ilością związanej glukozy lub glikoproteiny, prosiłbym także o podanie wydajności tych procesów.
10. Prosiłbym też o wyjaśnienie dlaczego nie udało się określić ilości wolnych grup dihydroksyborylowych na powierzchni otrzymanych materiałów.

Jak już wspomniałem, jedną z większych trudności w ocenie przedłożonej rozprawy stanowi fakt, że Doktorantka nie przedstawiła swojego dorobku naukowego, co uniemożliwia ocenę osiągnięć publikacyjnych i konferencyjnych Doktorantki oraz jej zaangażowania w realizację projektów badawczych, czy zadania organizacyjne oraz dydaktyczne. Stąd moja prośba do Doktorantki o zaprezentowanie swojego dorobku naukowego oraz ustosunkowanie się do tych kwestii i szersze przybliżenie aktywności naukowej.

Recenzowana rozprawa prezentuje wysoki poziom naukowy, zawarte są w niej elementy nowości naukowej, a powyższe pytania i komentarze nie umniejszają wysokiej oceny recenzowanej pracy. Na szczególną uwagę zasługuje przede wszystkim szeroki zakres zrealizowanych prac eksperymentalnych oraz logiczne i wieloaspektowe podejście do analizowanych zagadnień. Co więcej, Autorka wykazała całe spektrum koniecznych zdolności, począwszy od prowadzenia studiów literaturowych, poprzez umiejętność planowania eksperymentów i ich konsekwentną realizację, aż po krytyczną ocenę zebranych danych i formułowanie rzeczowych wniosków.

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej autorstwa Pani mgr Kingi Mylkie pod tytułem „Nanocząstki magnetyczne funkcjonalizowane polisacharydami zawierającymi ugrupowanie kwasu boronowego do wiązania alfa-1-kwaśnej glikoproteiny” stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymogi ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.

