

Poznań, dnia 23 luty 2022 r.

prof. dr hab. inż. Krystyna Prochaska  
Politechnika Poznańska  
Wydział Technologii Chemicznej  
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej  
ul. Berdychowo 4, 60-965 POZNAŃ  
tel. (61) 665-3601, fax (61) 665 –3649  
e-mail : [krystyna.prochaska@put.poznan.pl](mailto:krystyna.prochaska@put.poznan.pl)

### **Recenzja**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Ilony Marianny Jurek zatytułowanej  
„Wpływ ekstrahentów roślinnych bogatych w saponiny na właściwości  
modelowych warstw biologicznych”,  
wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Kamila Wojciechowskiego  
na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej

#### **Celowość podjęcia tematu**

Surfaktanty są jedną z najbardziej wszechstronnie wykorzystywanych grup związków chemicznych na świecie. Niestety powszechnie stosowane środki powierzchniowo czynne, w zdecydowanej większości otrzymywane na drodze syntetycznej, stanowią ogromne obciążenie dla środowiska naturalnego. Tak więc wciąż rosnące wymagania ekologiczne wymuszają odchodzenie od syntetycznych związków chemicznych i zastępowanie ich substancjami pochodzenia naturalnego, czyli biosurfaktantami. W odróżnieniu od chemicznie otrzymywanych związków powierzchniowo czynnych biosurfaktanty wykazują się wieloma zaletami wynikającymi głównie z ich różnorodnej budowy. Na szczególną uwagę zasługuje ich specyficzne działanie, niska toksyczność, a także szybsza biodegradacja zarówno w glebie, jak i w środowisku wodnym. Biosurfaktanty mają różnorodne własności fizyko-chemiczne, działają specyficznie i efektywnie w szerokim zakresie pH i temperatury.

Rosnące zainteresowanie i zastosowanie biosurfaktantów sprawia, że obecnie w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są zaawansowane badania, których celem jest określenie dokładnego wpływu surfaktantów pozyskiwanych z naturalnych źródeł (biosurfaktantów) zarówno na środowisko, jak i organizm ludzki.

Tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ilony Marianny Jurek dotyczy powyższej problematyki, a dokładniej badań nad wpływem ekstrahentów roślinnych bogatych w biosurfaktanty z grupy saponin na wybrane modele naskórka ludzkiego. Tak więc problematyka badawcza podjęta w ramach doktoratu jest jak najbardziej aktualna i w pełni uzasadniona zarówno w aspekcie poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Należy podkreślić, że dysertacja Pani mgr inż. Ilony Marianny Jurek wykonana na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Kamila Wojciechowskiego jest pracą o charakterze interdyscyplinarnym z pogranicza chemii oraz biologii molekularnej. Dla młodego naukowca niewątpliwie stanowi to ogromne wyzwanie, gdyż musi posiadać wiedzę nie tylko w obszarze dziedziny, w której ma uzyskać stopień naukowy, ale także w dziedzinach pokrewnych, niezbędnych z punktu widzenia realizowanej tematyki badawczej.

## Charakterystyka i ocena pracy

Praca doktorska mgr inż. Ilony Marianny Jurek została wydana w formie książkowej i liczy 231 stron. Rozprawa ma układ klasyczny dla prac eksperymentalnych i zawiera część literaturową, doświadczalną, wyniki badań i ich dyskusję oraz podsumowanie i wnioski. Na początku opracowania znajduje się spis stosowanych skrótów i symboli, streszczenia w językach polskim i angielskim oraz spis dorobku naukowego mgr inż. Ilony Marianny Jurek. Na końcu rozprawy zamieszczono spis odnośników literaturowych liczący 316 pozycji. Proporcje pomiędzy zagadnieniami o charakterze podstawowym i opisem badań własnych Autorki są właściwe. Praca została poprawnie zaplanowana, poszczególne rozdziały logicznie następują po sobie. Recenzowana rozprawa ma staranną, ciekawą szatę graficzną, napisana jest poprawnie pod względem językowym. W tekście znajdują się jedynie pojedyncze błędy interpunkcyjne oraz usterki o charakterze edytorskim.

Cel pracy i hipoteza badawcza, które Autorka umieściła przed częścią literaturową, zostały zwięźle określone, w sposób umożliwiający czytelnikowi weryfikację ich osiągnięcia. Nakreślone przez Autorkę obszary badań niezbędnych do realizacji założonego celu pracy i weryfikacji przyjętej hipotezy badawczej wyraźnie wyznaczają i uzasadniają zakres tematyczny zagadnień ujętych w części teoretycznej rozprawy doktorskiej.

Część literaturowa zajmuje łącznie 81 stron, jest bogato ilustrowana 36 rysunkami, i zawiera wyczerpujące informacje zarówno na temat podstaw teoretycznych technik stosowanych w części eksperymentalnej, jak i szczegółowe omówienie najważniejszych zagadnień stanowiących przedmiot badań niniejszej dysertacji. Część ta została podzielona na sześć rozdziałów. Na początku przeglądu literaturowego Autorka opisała budowę skóry ludzkiej oraz jej funkcje, następnie scharakteryzowała powszechnie stosowane jedno- i dwuwarstwowe modele biologicznych błon komórkowych. Kolejny rozdział części literaturowej zawiera szczegółowe omówienie techniki wytwarzania oraz metod charakterystyki i analizy monowarstw Langmuira, czyli zagadnień, na których w głównej mierze koncentrują się badania przeprowadzone przez mgr inż. Ilonę Jurek w ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej. W omawianym rozdziale po krótkim wstępie dotyczącym podstaw fizykochemii powierzchni Autorka bardzo szczegółowo opisała metody analityczne pozwalające na charakterystykę monowarstw Langmuira, takie jak *i*) analiza przebiegu izotermy ciśnienia powierzchniowego ( $\pi$ -A); *ii*) ocena ściśliwości i stanu fizycznego (współczynnik ściśliwości); *iii*) badanie grubości i nanostruktury (reflektometria neutronowa); *iv*) analiza struktury i dynamiki zmian morfologicznych (mikroskopia fluorescencyjna); *v*) badanie oddziaływań ze składnikami subfazy (pomiar relaksacji ciśnienia powierzchniowego) oraz *vi*) badanie właściwości lepkosprężystych (reologia powierzchniowa).

Dwa kolejne obszernie rozdziały dotyczą surfaktantów syntetycznych oraz biosurfaktantów. Autorka opisała budowę i klasyfikację syntetycznych związków powierzchniowo czynnych, bazę surowcową oraz metody syntezy chemicznej najpopularniejszych jonowych i niejonowych surfaktantów. Ponadto krótko scharakteryzowała właściwości powierzchniowe i oddziaływanie surfaktantów na środowisko naturalne. Następne podrozdziały tej części pracy w sposób dobrze usystematyzowany opisują wpływ syntetycznych surfaktantów na skórę ludzką i przyczyny podrażnień skóry. Opisano interakcje syntetycznych surfaktantów powszechnie stosowanych w detergentach oraz środkach codziennej higieny z: *i*) białkami powierzchniowymi naskórka, *ii*) lipidami naskórkowymi oraz z *iii*) żywymi komórkami skóry ludzkiej. Piąty rozdział części literaturowej charakteryzuje naturalne środki powierzchniowo czynne (biosurfaktanty) oraz metody ich pozyskiwania ze szczególnym uwzględnieniem ekstrakcji saponin, biosurfaktantów pochodzenia roślinnego, które są przedmiotem badań w recenzowanej dysertacji. Autorka opisała właściwości powierzchniowe saponin, a także ich

właściwości biologiczne i oddziaływanie na środowisko naturalne (glebę i środowisko wodne). Rozdział ten kończy przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat wpływu saponin na naskórek ludzki. W ostatniej części wstępu literaturowego Autorka obszernie omówiła metody przewidywania potencjału drażniącego surfaktantów w stosunku do naskórka ludzkiego skupiając się na opisie testu zeinowego oraz pomiarze pH roztworów BSA (albuminy surowicy bydlęcej).

Przegląd literaturowy ma charakter interdyscyplinarny, porusza bowiem zagadnienia z kilku obszarów tematycznych, takich jak: biologia molekularna, biochemia, chemia i fizykochemia powierzchni. Przegląd ten został opracowany w sposób zwięzły i czytelny. Informacje zawarte w *Części literaturowej*, są właściwie dobrane dzięki czemu stanowią bardzo dobrą podbudowę teoretyczną do części doświadczalnej.

Doktorantka w swojej dysertacji odnosi się do 316 doniesień literaturowych dotyczących omawianej problematyki. Zdecydowana większość cytowanych prac została opublikowana po roku 2000. Dobór cytowań oraz sposób wykorzystania materiałów źródłowych jest w mojej ocenie jak najbardziej poprawny i świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu Pani mgr inż. Ilony Marianny Jurek do prowadzenia wielowątkowych badań eksperymentalnych oraz dyskusji otrzymanych wyników.

W *Części eksperymentalnej* (liczącej 27 stron) Autorka szczegółowo opisała stosowane w badaniach materiały (surfaktanty syntetyczne i ekstrakty roślinne), wykorzystaną aparaturę wraz z opisem procedur eksperymentalnych, a także metodykę przygotowania próbek i stanowisk badawczych do poszczególnych typów eksperymentów.

Zarówno dobór, jak i opis stosowanych metod badawczych jest poprawny co umożliwiło Autorce realizację poszczególnych zadań badawczych oraz weryfikację założonej hipotezy badawczej.

Do tej części pracy mam jednak kilka drobnych uwag:

1. W Tabeli 7, która zawiera opis czterech surfaktantów syntetycznych stosowanych w badaniach moim zdaniem zabrakło podstawowej wielkości charakteryzującej związki powierzchniowo czynne tj. wartości krytycznego stężenia micelarnego (*cmc*) poszczególnych pochodnych.
2. W opisie procedury przygotowania szkła laboratoryjnego do badań monowarstw Langmuira pojawiła się informacja o stosowaniu mieszaniny surfaktantów jako środka myjącego. Jest to dość zaskakujące, ponieważ zwyczajowo unika się stosowania związków powierzchniowo czynnych do mycia szkła stosowanego w badaniach aktywności powierzchniowej chcąc maksymalnie ograniczyć niebezpieczeństwo przekłamania wyników pomiarów.
3. Na str. 117 w opisie badań z wykorzystaniem wanny Langmuira Autorka pisze:  
„Po wprowadzeniu do układu 50 ml roztworu ekstraktu o stężeniu 4% (w/w) i wymieszaniu z wodą wypełniającą wannę stężenie końcowe badanego ekstraktu naturalnego wynosiło 1% (w/w)”. Zabrakło informacji jak mieszano subfazę.

Zasadniczą częścią rozprawy są *Wyniki badań* i *Dyskusja* omówione na 68 stronach i uzupełnione 29 rysunkami.

Recenzowana rozprawa zawiera bardzo obszerny, wielowątkowy materiał badawczy skoncentrowany na ocenie wpływu czterech surfaktantów syntetycznych (trzech anionowych SLS, SLES, ALS i jednego amfoterycznego CAPB) oraz pięciu naturalnych ekstraktów roślinnych na: *i*)jednowarstwowe lipidowe modele naskórka ludzkiego, *ii*)jedno- i dwu-

warstwowe modele błony komórkowej keratynocytów oraz *iii*) lipidowy model sebum ludzkiego.

Dla dwu modeli naskórka ludzkiego (monowarstwy Langmuira o składzie lipidowym imitującym cement międzykomórkowy występujący w strukturze naskórka (mieszanina ceramidu AP, kwasu stearynowego SA i cholesterolu CHOL o stosunku molowym AP/SA/CHOL równym 1:1:0,7) oraz modelu błony komórkowej keratynocytu (mieszanina DPPC i cholesterolu w stosunku molowym DPPC/CHOL równym 7:3)) zostały przeprowadzone kompleksowe badania z wykorzystaniem techniki wanny Langmuira. Doktorantka zbadała i porównała wpływ surfaktantów syntetycznych oraz biosurfaktantów na: *i*) stabilność, stany fizyczne oraz ściśliwość wytworzonych monowarstw lipidowych (izoterma  $\pi$ -A), *ii*) zmiany morfologiczne zachodzące podczas pomiaru relaksacji (mikroskopia fluorescencyjna), a także *iii*) właściwości elastyczne warstw lipidowych (badania reologiczne techniką oscylacji barier).

Badania interakcji zachodzących pomiędzy surfaktantami syntetycznymi lub badanymi biosurfaktantami i modelowym naskórkiem ludzkim przeprowadzono również dla dwuwarstwowych modeli tj. w układach z liposomami o składzie DPPC/CHOL.

Uzyskane wyniki wskazały na specyfikę interakcji poszczególnych surfaktantów syntetycznych ze składnikami lipidowymi badanych modeli zarówno jedno-, jak i dwuwarstwowych. Stwierdzono, że anionowe surfaktanty syntetyczne powodują wymywanie lipidów z modelowych monowarstw oraz uszkodzenie modeli keratyny. Natomiast badane ekstrakty roślinne bogate w saponiny wykazują słabsze działanie na modele naskórka ludzkiego, nie powodują wymywania lipidowych składników monowarstw, jak również nie oddziałują niszcząco na modele keratyny.

Za szczególnie interesujące należy uznać badania reflektometryczne przeprowadzone w Instytucie Paula Scherrera w Szwajcarii, z wykorzystaniem reflektometru neuronowego AMOR. Na podstawie analizy zmian grubości i gęstości długości rozpraszania warstwy lipidowej w efekcie oddziaływań z obecnymi w subfazie surfaktantami (SLES lub składniki ekstraktów roślinnych bogatych w saponiny) Doktorantka ustaliła, że surfaktant syntetyczny SLES w znacznie większym stopniu powodował degradację modelowej warstwy lipidowej DPPC/CHOL niż badane roztwory ekstraktów roślinnych.

Równie cennym, innowacyjnym fragmentem badań były eksperymenty dotyczące przygotowania modelu sebum ludzkiego i charakterystyki jego monowarstwy z użyciem techniki monowarstw Langmuira. Badania oddziaływań surfaktantów i biosurfaktantów z monowarstwą naśladującą składem lipidowym sebum ludzkie pozwoliły ustalić, że wszystkie badane surfaktanty syntetyczne powodowały degradację monowarstwy sebum, przy czym najbardziej skuteczny w usuwaniu lipidów z warstwy był amfoteryczny związek powierzchniowo czynny (pochodna betainy CAPB). Z kolei w przypadku biosurfaktantów obserwowano odwrotny efekt. Dla niemal wszystkich badanych roztworów ekstraktów roślinnych bogatych w saponiny rosnące wartości modułu elastyczności powierzchniowej wskazywały na wbudowywanie cząsteczek składników ekstraktów roślinnych w monowarstwę.

Kolejny fragment badań zrealizowanych przez Doktorantkę dotyczył dwóch testów potencjału drażnienia skóry z użyciem różnych modeli białka keratyny (zeiny kukurydzianej oraz albuminy surowicy bydlęcej). W obu przeprowadzonych testach stwierdzono, że najbardziej drażniący wpływ na modele keratyny miały anionowe surfaktanty syntetyczne.

Ostatnim etapem badań przeprowadzonych przez mgr inż. Ilonę Mariannę Jurek był test zdolności emulgowania tłuszczów pozwalający na porównanie zdolności myjących wodnych roztworów naturalnych ekstraktów roślinnych i surfaktantów syntetycznych. Autorka wykazała, że naturalne ekstrakty roślinne wprawdzie charakteryzują się słabszymi zdolnościami usuwania

brudu niż surfaktanty syntetyczne, ale jednocześnie w mniejszym stopniu powodują wymywanie składników ochronnego sebum pokrywającego skórę ludzką.

Podsumowując lekturę tej części rozprawy należy stwierdzić, że zarówno dobrze zaplanowane badania, jak i prawidłowo przeprowadzone eksperymenty pozwoliły Doktorantce uzyskać szereg wartościowych wyników, które następnie zostały wnikliwie i poprawnie zinterpretowane w oparciu o właściwie dobrane, aktualne doniesienia literaturowe, a także wiedzę i doświadczenie badawcze Autorki. Przedstawione w rozprawie wyniki badań oraz ich dyskusja pokazują, że założony cel pracy został w pełni osiągnięty.

Lektura treści zawartych w części *Wyniki badań* i *Dyskusja* skłania do kilku spostrzeżeń:

- 1) Dlaczego badania układów z monowarstwami lipidowymi techniką wanny Langmuira i badania liposomów przeprowadzono w różnych temperaturach (monowarstwy badano w 21 °C, a dwuwarstwy w 25 °C)?
- 2) We wszystkich badaniach przeprowadzonych dla modelowych monowarstw lipidowych stosowano temperaturę otoczenia, a przecież w układach rzeczywistych mamy do czynienia z oddziaływaniem surfaktantów/biosurfaktantów zawartych w formułacjach kosmetycznych na biologiczny naskórek w temperaturze fizjologicznej równej 36,6 °C, czyli znacznie wyższej. Tak więc warto byłoby sprawdzić, choć dla wybranych układów, czy i na ile istotny jest wpływ temperatury na rozważane oddziaływanie surfaktantów z warstwami lipidowymi. To, że właściwości monowarstw lipidowych zależą od temperatury pokazały przedstawione w rozprawie wyniki badań dla modelowej monowarstwy sebum. Autorka wykazała, że przebieg izoterm  $\pi$ -A był różny, zależny od zastosowanej temperatury pomiaru. Ponadto stwierdziła, że pomiędzy zakresem temperatur 25°C – 35°C obserwowano wyraźną zmianę kształtu izoterm ciśnienia powierzchniowego dla modelowej monowarstwy sebum (str. 178).
- 3) W badaniach dotyczących interakcji pomiędzy liposomami i surfaktantami syntetycznymi lub ekstraktami roślinnymi bogatymi w saponiny z przyczyn wynikających z ograniczeń metody DLS wykorzystanej do oceny wielkości cząstek zastosowano 5% roztwory, a więc pięciokrotnie bardziej stężone roztwory niż w przypadku badań oddziaływań surfaktantów /biosurfaktantów z lipidowymi monowarstwami Langmuira. W związku z powyższym porównując obserwowane efekty interakcji w układach z mono- i dwuwarstwami lipidowymi konieczne jest zachowanie dużej ostrożności w interpretacji uzyskanych wyników, albowiem zmiana stężenia roztworów surfaktantów syntetycznych z 1% na 5% oznacza drastyczną zmianę stężenia micelnego w rozważanych układach, co nie pozostaje bez wpływu na ilość monomerycznych cząsteczek surfaktantów zdolnych do oddziaływań z warstwą lipidową. Na przykład dla anionowych surfaktantów SLS i SLES stężenie 1% oznacza roztwór o stężeniu micelnym równym *ca.* 4 *cmc*, natomiast w przypadku stężenia 5% mamy do czynienia z roztworem micelnym o stężeniu *ca.* 20 *cmc*. Z kolei w układzie z CAPB zmiana stężenia roztworu z 1% na 5% oznacza zmianę stężenia micelnego z *ca.* 100 *cmc* na *ca.* 500 *cmc*. Jak wiadomo stałe trwałości (stałe dysocjacji) micel, jak również wartości czasu wolnego procesu relaksacyjnego związanego ze zmianą liczby agregacji micel kulistych są silnie zależne od stężenia surfaktantu w roztworze co oznacza, że w roztworach 1% i 5% termodynamiczna stabilność micel nie jest jednakowa.
- 4) Szkoda, że do badań morfologii monowarstw zastosowano mikroskopię fluorescencyjną a nie mikroskop kąta Brewstera, który pozwoliłoby przeanalizować zmiany morfologiczne warstw lipidowych pod wpływem interakcji z surfaktantami/biosurfaktantami we wszystkich rozważanych układach. Przypuszczam, że o wyborze techniki decydowała dostępność do mikroskopu fluorescencyjnego.

- 5) Analizując ilościowy wpływ badanych ekstraktów roślinnych na warstwę adsorpcyjną Autorka słusznie zauważyła, że obserwowane różnice w grubości monowarstwy Gibbsa mogą być związane ze składem poszczególnych ekstraktów i wskazała na różną zawartość małowcząsteczkowych saponin i wielkowcząsteczkowych białek w poszczególnych ekstraktach. Natomiast porównanie wyników badań przeprowadzonych techniką reflektometryczną dotyczących grubości oraz gęstości długości rozpraszania monowarstwy po kontakcie z ekstraktami roślinnymi oraz wyników badań wielkości cząstek techniką DLS ilustrujących zmiany wielkości liposomów po 2 godzinach inkubacji z roztworami ekstraktów roślinnych sugeruje, że zarówno na grubość monowarstwy lipidowej, jak i na zdolność pęcznienia i zwiększania średnicy liposomów ma wpływ skrobia obecna w poszczególnych ekstraktach roślinnych. Jak pokazano soja warzywna zawierająca stosunkowo mało, bo ok. 30% węglowodanów nie powodowała znaczącej zmiany wielkości liposomów, jak również ekstrakt ten miał najmniejszy wpływ na zmianę grubości monowarstwy lipidowej. Z kolei w kontakcie z ekstraktem z owsa zwyczajnego, który zawiera dwukrotnie większą ilość skrobi obserwowany wzrost rozmiarów liposomów był największy.

Należy wyraźnie podkreślić, że wyniki przedstawione w recenzowanej rozprawie oraz ich merytoryczna dyskusja znacząco poszerzają wiedzę na temat wpływu jaki wywierają ekstrakty roślinne bogate w saponiny na właściwości lipidowych modeli naskórka ludzkiego w porównaniu do wpływu wywieranego przez surfaktanty syntetyczne, powszechnie stosowane w kosmetykach do codziennej higieny i pielęgnacji skóry.

Za najbardziej znaczące osiągnięcia Doktorantki uważam:

- 1) Przeprowadzenie kompleksowej charakterystyki wieloskładnikowej monowarstwy zawierającej składniki spożywcze oraz kosmetyczne, naśladującej składem lipidowym sebum ludzkie. Należy wyraźnie podkreślić, że jak dotąd badania takie nie zostały opisane w przedmiotowej literaturze. Tak więc dokonania Doktorantki, które pozwoliły opracować monowarstwę przydatną w przyszłości do badań modelowych sebum ludzkiego mają jednoznacznie oryginalny i pionierski charakter.
- 2) Wykazanie, że badane ekstrakty roślinne bogate w saponiny słabiej oddziałują na modele naskórka niż powszechnie stosowane surfaktanty syntetyczne, co oznacza, że badane biosurfaktanty mogą być składnikami w formułacjach kosmetycznych przeznaczonych do ochrony naskórka.
- 3) Udowodnienie, że w formułacjach kosmetycznych przeznaczonych do oczyszczania skóry korzystniejsze jest stosowanie surfaktantów syntetycznych, a nie jak powszechnie się uważa ekstraktów bogatych w saponiny, albowiem biosurfaktanty charakteryzują się gorszymi właściwościami detergencyjnymi.

### **Podsumowanie**

Podsumowując uważam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska mgr inż. Ilony Marianny Jurek posiada dużą wartość poznawczą, reprezentuje bardzo wysoki poziom naukowy, a uzyskane przez Autorkę wyniki mają cechy nowości naukowej i znacznie poszerzają wiedzę dotyczącą oddziaływań ekstraktów roślinnych bogatych w saponiny oraz surfaktantów syntetycznych, powszechnie stosowanych w kosmetykach do codziennej higieny i pielęgnacji skóry, na lipidowe modele naskórka ludzkiego.

Biorąc pod uwagę wartość poznawczą pracy oraz zawarte w niej elementy nowości naukowej, a także dojrzały sposób interpretacji uzyskanych wyników stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa Pani mgr inż. Ilony Marianny Jurek odpowiada wymaganiom ustawowym

określonym w art. 13. ustawy z dnia 14 marca 2003 r. Wniosuję do Rady Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej **o dopuszczenie pracy doktorskiej Pani mgr inż. Ilony Marianny Jurek do dalszych etapów przewodu doktorskiego oraz do publicznej obrony.**

Jednocześnie bardzo wysoko oceniając wartość poznawczą wyników przedstawionych przez mgr inż. Ilonę Mariannę Jurek, uzyskanych w efekcie poprawnie przeprowadzonych i zinterpretowanych interdyscyplinarnych badań **wnoszę do Wysokiej Rady o wyróżnienie niniejszej pracy doktorskiej.**

*K. Prodrasko*