



**Warszawski Uniwersytet Medyczny
Wydział Farmaceutyczny
Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej
i Biomateriałów
ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa**



prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Marcin Sobczak

Tel: (+48 22) 57 20 784; E-mail: marcin.sobczak@wum.edu.pl

Warszawa, dn. 17.11.2025 r.

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Dagmary Słoty pt. "Powłoka kompozytowa z kontrolowaną bioaktywnością, do zastosowań medycznych" wykonanej w Katedrze Inżynierii Materiałowej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechnika Krakowski im. Tadeusza Kościuszki pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Agnieszki Sobczak-Kupiec

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt. "Powłoka kompozytowa z kontrolowaną bioaktywnością, do zastosowań medycznych" wykonana pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Agnieszki Sobczak-Kupiec stanowi cykl siedmiu powiązanych tematycznie publikacji naukowych (dwóch przeglądowych i pięciu oryginalnych). Dysertacja jest kontynuacją badań nad innowacyjnymi biomateriałami nieorganicznymi, polimerowymi i kompozytowymi prowadzonymi od wielu lat przez Zespół kierowany przez Panią Profesor Agnieszkę Sobczak-Kupiec.

Badania dotyczące nowych biomateriałów wielofunkcyjnych stanowią jeden z najbardziej perspektywicznych i aktualnych kierunków inżynierii materiałowej, inżynierii biomateriałów, chemii medycznej i farmacji. Współczesnym biomateriałom stawiane są już nie tylko zadania konstrukcyjne, ale również inne funkcje, w tym kontrolowane uwalnianie substancji leczniczych i stymulowanie procesów naprawczych tkanek.

Przedmiotem niniejszej pracy doktorskiej były powłoki kompozytowe, przeznaczone do modyfikacji powierzchni różnych biomateriałów i implantów, zawierające substancje aktywne (antybiotyk - klindamycynę (CLD), czynnik wzrostu śródbłonka naczyniowego (VEGF-165) i transformujący czynnik wzrostu β (TGF- β 1)). Ich zadaniem miałyby być wspieranie procesów regeneracji tkanki kostnej oraz ograniczanie ryzyka infekcji i kształtowanie pozytywnego mikrośrodowiska gojenia.

Doktorantka zaplanowała rozbudowany program badawczy obejmujący: dobór warunków syntezy fazy ceramicznej (hydroksyapatytu, HAp) metodę mokrego strącania,

analizę fizykochemiczną i biologiczną wytypowanego proszku HAp (w tym wyznaczenie stosunku molowego Ca/P, stopnia krystaliczności, detekcję grup funkcyjnych, analizę porowatości, powierzchni właściwej, ocenę morfologii powierzchni, analizę pierwiastkową), dobór warunków otrzymywania i kompozycji składników ceramiczno-polimerowej powłoki, analizę fizykochemiczną otrzymanych powłok, badania mechaniczne oraz testy inkubacyjne w płynach symulujących środowisko wewnętrzne organizmu, modyfikację HAp i powłok antybiotykiem, przeprowadzenie badań kinetyki uwalniania substancji leczniczej, ocenę właściwości antibakteryjnych oraz badania cytotoksyczności i biogodności w warunkach *in vitro* i *in vivo* otrzymanych biomateriałów, modyfikację powłok ceramiczno-polimerowych białkowymi czynnikami wzrostu i określenie ich biogodności, badanie kinetyki uwalniania czynników wzrostu, ocena *in vivo* biomateriałów w modelu ubytku kości czaszki szczura.

Stwierdzam, że podjęta przez mgr Dagmarę Słotę tematyka wpisuje się w aktualne trendy badań współczesnej inżynierii materiałowej, inżynierii biomateriałów, chemii medycznej i farmacji oraz ma istotne znaczenia poznawcze i aplikacyjne.

We wstępie dysertacji doktorskiej, Autorka przedstawiała krótkie studium literaturowe dotyczące biomateriałów polimerowych, ceramicznych i kompozytowych koncentrując się na aplikacjach związanych z materiałami implantacyjnymi.

W pierwszym rozdziale Doktorantka scharakteryzowała światowy rynek biomateriałów wskazując najważniejsze współczesne zastosowania medyczne i farmaceutyczne. Opisała metody otrzymywania oraz najważniejsze właściwości fizykochemiczne i biologiczne biomateriałów ceramicznych. Scharakteryzowała również biomateriały polimerowe (naturalne i syntetyczne) stosowane w technologii materiałów implantacyjnych oraz systemów terapeutycznych/transportujących i uwalniających substancje aktywne (DDSs). Następnie Autorka przedstawiła najważniejsze informacje dotyczące kompozytów ceramiczno-polimerowych stosowanych w technologii biomateriałów dedykowanych regeneracji tkanek twardych i miękkich. W rozdziale drugim Doktorantka skupiła się na powłokach kompozytowych biomateriałów stanowiących przedmiot niniejszej rozprawy doktorskiej. Na zakończenie tego rozdziału mgr Dagmara Słota scharakteryzowała czynniki aktywne wykorzystywane w części eksperymentalnej, tj. białkowe czynniki wzrostu (VEGF) i TGF- β oraz CLD – antybiotyku stosowanego po zabiegach i operacjach związanych z tkanką kostną. Autorka opisała mechanizm działania oraz zastosowanie medyczne wspomnianych substancji aktywnych. W kolejnym rozdziale Doktorantka podsumowała stan wiedzy dotyczący aktywnych i nieaktywnych kompozytowych warstw powierzchniowych stosowanych w inżynierii biomateriałów z podkreśleniem materiałów implantacyjnych. Słusznie stwierdziła, że zasadne jest podjęcie prac nad opracowaniem nowego bioaktywnego materiału powłokowego, pełniącego funkcję nośnika substancji aktywnych. Dodatkowo, mgr Dagmara Słota wzbogaciła przegląd literatury o aspekty związane z polimerowymi i kompozytowymi

nośnikami aktywnych związków białkowych i niebiałkowych do zastosowań w tkance kostnej oraz celowanych systemów dostarczania CLD, dedykowanych zapobieganiu i leczeniu pooperacyjnych zakażeń bakteryjnych (**Publikacja P1 i P2**).

Wstęp pracy doktorskiej bardzo dobrze wprowadza czytelnika w tematykę innowacyjnych kompozytowych, wielofunkcyjnych powłok przeznaczonych do modyfikacji powierzchni materiałów inertnych i implantów. Doktorantka przygotowując publikacje przeglądowe oraz opis wstępu teoretycznego dysertacji dokonała prawidłowej selekcji najważniejszego piśmiennictwa oraz bardzo umiejętnie uzasadniła konieczność podjęcia badań stanowiących przedmiot ocenianej rozprawy doktorskiej.

W ramach pracy eksperymentalnej, mgr Dagmara Słota jako główny cel postawiła sobie opracowanie wielofunkcyjnych materiałów powłokowych z polimerów naturalnych i syntetycznych oraz HAp, zawierających wybrane substancje aktywne. Opracowane materiały miały charakteryzować się dobrymi właściwościami fizykochemicznymi, kontrolowaną kinetyką uwalniania substancji czynnych oraz efektywnością farmakologiczną (działaniem przeciwdrobnoustrojowym oraz wspieraniem regeneracji tkanki kostnej). Autorka postanowiła wykazać, że składniki czynne wprowadzone do roztworu polimeru nie ulegną dezaktywacji i zachowają aktywność po procesie fotosieciowania UV: CLD – działanie przeciwbakteryjne, czynniki VEGF i TGF- β – aktywność biologiczna materiału.

Magister Dagmara Słota zaproponowała następujący plan badań eksperymentalnych:

- ✓ Dobór warunków syntezy fazy ceramicznej – HAp metodą mokrego strącenia.
- ✓ Analiza fizykochemiczna i biologiczna wytypowanego proszku HAp: wyznaczenie stosunku molowego Ca/P, stopnia krystaliczności, detekcja grup funkcyjnych, analiza porowatości, powierzchni właściwej, ocena morfologii powierzchni, analiza pierwiastkowa.
- ✓ Dobór warunków otrzymywania i kompozycji składników powłoki ceramiczno-polimerowej.
- ✓ Poddanie powłok analizie fizykochemicznej, mechanicznej oraz badaniom inkubacyjnym w płynach symulujących środowisko wewnętrzne organizmu: obrazowanie morfologii powierzchni, pomiary chropowatości, pomiar sił tarcia, analiza pierwiastkowa, identyfikacja grup funkcyjnych, kąt zwilżania i energia powierzchniowa, wytrzymałość na rozciąganie, twardość, zdolności sorpcyjne, potencjometria, konduktometria, ubytek masy.
- ✓ Modyfikacja HAp oraz powłok antybiotykiem: badanie szybkości uwalniania substancji leczniczej, ocena efektywności antybakteryjnej, cytozgodność, aktywność antybiofilmowa, ocena *in vivo* odpowiedzi miejscowej tkanek oraz ogólnoustrojowej na implantację biomateriałów.
- ✓ Modyfikacja powłok ceramiczno-polimerowych białkowymi czynnikami wzrostu i określenie ich biozgodności: badanie szybkości uwalniania czynników wzrostu, ocena *in vivo* biomateriałów w modelu ubytku kości czaszki szczura, w tym obrazowanie mikroskopem konfokalnym,

oznaczenie poziomu cytokin zapalnych (IL-1 β , TNF- α), przeciwzapalnych (IL-10) oraz osteopontyny (OPN) jako biomarkerów odpowiedzi immunologicznej i regeneracyjnej. Autorka w sposób bardzo czytelny zobrazowała plan badań w formie schematu ideowego (Rys. 5).

Uważam, że Doktorantka sformułowała przemyślane cele pracy oraz bardzo dobrze zaplanowała program badań eksperymentalnych niezbędny do ich realizacji.

W ramach pracy eksperymentalnej Autorka opracowała metodę otrzymywania fosforanu wapnia (CaP) o strukturze HAp, charakteryzującego się dużą czystością fazową, rozwiniętą powierzchnią właściwą oraz stosunkiem molowym Ca/P zbliżonym do HAp stechiometrycznego (**Publikacja P3**). Zastosowała metodę mokrego strącenia CaP w podwyższonej temperaturze, przy zmiennych stosunkach reagentów Na₂HPO₄ oraz (CH₃COO)₂Ca. Wykorzystała również metodę mokrego strącenia CaP z soli Na₂HPO₄ oraz Ca(NO₃)₂·4H₂O. Następnie, z CaP otrzymała DDSs zawierające CLD i przeprowadziła badania kinetyki uwalniania substancji leczniczej. Okazało się, że biomateriały o mniejszej powierzchni właściwej uwalniały substancję czynną z większą szybkością. W dalszym etapie badań Doktorantka przeprowadziła testy biologiczne z użyciem bakterii szczepu *Staphylococcus aureus*. Stwierdziła, że wszystkie DDSs zawierające CLD wykazują aktywność przeciwbakteryjną. Okazało się, że najlepsze działanie przeciwbakteryjne, wyznaczone jako MIC99 (minimalne stężenie hamujące wzrost 99 % populacji bakterii), zaobserwowano w przypadku próbek C/1.0 (stosunek molowy Ca/P = 1,04) (MIC99 = 18,83 μ g/ml). Aktywność utrzymywała się w całym zakresie uwalniania substancji leczniczej. Doktorantka wykazała, że (1) proces sorpcji fizycznej proszków CaP w roztworze CLD umożliwia otrzymanie nośników substancji leczniczej wykazujących właściwości przeciwdrobnoustrojowe wobec bakterii *S. aureus*; (2) uwalnianie substancji leczniczej z ceramicznych nośników jest zależne od rozwinięcia powierzchni właściwej proszku.

W dalszej części pracy eksperymentalnej, mgr Dagmara Słota przeprowadziła badania nad doбором składników powłok kompozytowych oraz dokonała weryfikacji ich właściwości fizykochemicznych i mechanicznych w kontekście przyszłych zastosowań biomedycznych (**Publikacja P4**). Jako komponenty wykorzystała poliwinylpirolidon (PVP), glikol polioksyetylenowy (PEG), kolagen (COL) i HAp. Doktorantka zbadała również stabilność otrzymanych materiałów w warunkach zbliżonych do fizjologicznych. Stwierdziła, że powłoki kompozytowe bazujące na matrycy PVP : PEG, zawierające HAp, otrzymywane metodą fotosieciowania w świetle UV, wykazują stabilność, biokompatybilność oraz korzystną kinetykę pęcznienia, potwierdzającą potencjał do zastosowania jako nośnik substancji czynnych. Okazało się również, że dodanie COL do kompozycji PVP : PEG : COL poprawiło właściwości tribologiczne biomateriału (zaobserwowano obniżenie współczynnika tarcia). Zgodnie z oczekiwaniami dodatek fazy ceramicznej skutkował wzrostem twardości Shore A

oraz chropowatości powłok. Doktorantka słusznie stwierdziła, że topografia powierzchni otrzymanych powłok może sprzyjać interakcjom biologicznym jak adhezja komórek czy osseointegracja.

W dalszej części pracy Autorka przeprowadziła badania dotyczące wielofunkcyjnych powłok kompozytowych. Obejmowały one analizę fizykochemiczną i ocenę właściwości mechanicznych. Magister Dagmara Słota przeprowadziła badania wpływu inkubacji otrzymanych materiałów w różnych płynach akceptorowych (tj. sztuczny płyn ustrojowy (SBF), sztuczna ślina, płyn Ringera) na właściwości fizykochemiczne (**Publikacja P5**). Przeprowadziła analizę kinetyki pęcznienia (do opisu której wykorzystała model Voigta) oraz pomiar przewodnictwa jonowego. Badania inkubacyjne prowadziła w czasie 40 dni. Doktorantka wykazała stabilność powłok w SBF przez cały czas 40-dniowej inkubacji, co sugeruje dobrą zgodność z warunkami fizjologicznymi. Podobnie, przewodnictwo jonowe było stabilne. Największe zmiany zarówno potencjometryczne jak i konduktometryczne zaobserwowała w sztucznej ślinie. Autorka wykazała, że niewielkie zmiany składu kompozycji wpływają na parametry fizykochemiczne oraz mechaniczne otrzymywanych powłok.

W kolejnym etapie mgr Dagmara Słota przeprowadziła badania kinetyki pęcznienia otrzymanych powłok w soli fizjologicznej buforowanej fosforanem (PBS) (**Publikacja P6**). Na podstawie zmian masy materiałów w czasie Doktorantka wyznaczyła zdolność sorpcyjną powłok. Do opisu kinetyki procesu wykorzystała model Voigta, określając parametry Se i τ . Okazało się, że wprowadzenie do kompozycji HAp w ilości 5 % skutkowało obniżeniem wartości Se i zwiększeniem wartości τ . Wyniki te potwierdziły wcześniejsze obserwacje, zgodnie z którymi zwiększenie udziału fazy ceramicznej ogranicza zdolność do absorpcji płynu oraz spowalnia proces jego penetracji do wnętrza materiału. Następnie, Autorka otrzymała powłoki kompozytowe zawierające antybiotyk – CLD oraz przeprowadziła badania kinetyki uwalniania substancji czynnej z materiałów. Uzyskane wyniki dopasowała do modelu Higuchie'go. Dla wszystkich badanych powłok uzyskano dobrą zgodność ze wspomnianym modelem. Doktorantka stwierdziła, że głównym mechanizmem uwalniania CLD była dyfuzja zgodna z prawem Ficka. Ponadto ocena morfologii powierzchni i składu pierwiastkowego powłok wykazała, że na powierzchni pojawiły się wytrącenia wtórnych warstw apatytowych, co potwierdza potencjał otrzymywanych powłok do indukowania procesu mineralizacji.

Następnie, mgr Dagmara Słota dokonała biologicznej oceny otrzymanych biomateriałów. Przeprowadziła testy właściwości przeciwbakteryjnych (zdolności hamowania wzrostu biofilmu bakteryjnego), cytokompatybilności oraz odpowiedzi organizmu na implantację (*in vivo*). Doktorantka wykazała, że modyfikacja powłok kompozytowych CLD umożliwia uzyskanie DDSs do kontrolowanego uwalniania substancji leczniczej, przy czym jej uwalnianie zachodzi szybciej z fazy polimerowej niż z fazy ceramicznej. Stwierdziła, że opracowane nośniki są biozgodne i wykazują właściwości

przeciwdrobnoustrojowe wobec bakterii *S. aureus*. Cytotoksyczność powłok została z użyciem fibroblastów myszy linii L929 oraz ludzkich komórek osteoblastopodobnych hFOB 1.19, zgodnie z normą ISO-10993-5-2009. Uzyskane wyniki potwierdziły bezpieczeństwo materiałów oraz brak negatywnego wpływu modyfikacji CLD na cytozgodność.

W dalszej części pracy eksperymentalnej przeprowadzono badania *in vivo* z użyciem modelu zwierzęcego, polegającego na implantacji podskórnej biomateriałów u dorosłych szczurów rasy Wistar (łac. *Rattus norvegicus*). Do badania *in vivo* wybrano powłokę kompozytową referencyjną, niemodyfikowaną CLD i zawierającą 5 % HAp, oraz powłokę modyfikowaną CLD. Badanie przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 10993-6:2017 dotyczącą oceny miejscowej reakcji zapalnej po 7 i 30 dniach od implantacji. W wyniku badań nie stwierdzono występowania miejscowych czy ogólnoustrojowych objawów stanu zapalnego u zwierząt. W surowicach zwierząt oznaczano stężenia cytokin prozapalnych (IL-1 β , TNF- α) oraz przeciwzapalnej (IL-10) metodą ELISA. Uzyskane wartości były porównywalne z tymi uzyskanymi dla grupy kontrolnej zwierząt, co potwierdza brak reakcji zapalnej i dobrą tolerancję implantu przez organizm.

W dalszej części pracy, Autorka przeprowadziła badania dotyczące funkcjonalizacji biologicznej opracowanych powłok kompozytowych, w kierunku materiałów zdolnych do aktywnego wspierania procesów regeneracji poprzez modulowanie mikrośrodowiska tkankowego, ograniczanie infekcji i stymulację osteogenezy oraz angiogenezy. Wybrała dwa czynniki wzrostu tj. VEGF-165 i TGF- β 1 (**Publikacja P7**). W tym celu powłoki nanoszono na podłoża kompozytowe polilaktyd (PLLA)/HAp, a następnie sieciowano promieniowaniem UV. Następnie, Doktorantka przeprowadziła badania kinetyki uwalniania czynników wzrostu w PBS. Zaobserwowała charakterystyczny profil dwufazowy, wskazujący na intensywne początkowe uwalnianie czynników wzrostu w czasie pierwszych 24 h, a następnie fazę dyfuzyjną, kontrolowaną mechanizmem Fickowskim. Analiza wyników testu kinetyki uwalniania wykazała dobrą zgodność z modelem Higuchie'go.

W kolejnym etapie otrzymane materiały zostały poddane badaniom na modelu zwierzęcym. Dokonano oceny efektywności procesu zarostania ubytku kości czaszki dorosłego szczura rasy Wistar (łac. *Rattus norvegicus*). Monitorowano zarówno reakcję miejscową (miejsce implantacji), jak i systemową organizmu, w celu wykluczenia wystąpienia patologicznej reakcji zapalnej. Ocenę reakcji ogólnoustrojowej przeprowadzono oznaczając stężenia wybranych cytokin w surowicach zwierząt metodą ELISA. Wyniki jednoznacznie wskazały na brak patologicznej reakcji zapalnej, a stężenia cytokin prozapalnych IL-1 β i TNF- α pozostawały na poziomie porównywalnym do kontroli. Również stężenie IL-10 mierzonej w surowicach świadczyło o utrzymaniu równowagi immunologicznej i modulacji w kierunku procesów regeneracyjnych. Ponadto u zwierząt, którym implantowano materiał z czynnikami wzrostu oraz CLD stwierdzono podwyższony poziom OPN, białka zaangażowanego

w przebudowę kości. Obserwacje mikroskopowe fragmentów czaszki z zaimplantowanym kompozytem wykazały mineralizację kości w miejscach powstawania nowej tkanki kostnej, czyli w miejscach kontaktu implantu z kością. Obserwacja ta dotyczyła szczególnie zwierząt z zaimplantowanymi kompozytami zawierającymi czynniki wzrostu VEGF-165 i TGF- β 1, co potwierdza ich rolę w stymulowaniu angiogenezy i wspieraniu osteogenezy.

Oceniając część eksperymentalną dysertacji stwierdzam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością prowadzenia prac eksperymentalnych oraz krytycznej i dojrzałej dyskusji naukowej. Magister Dagmara Słota opracowała metody otrzymywania innowacyjnych aktywnych biomateriałów powłokowych oraz przeprowadziła dużą liczbę syntez oraz badań strukturalnych, fizykochemicznych, analitycznych i biologicznych, co jest dowodem Jej pracowitości, wysokich kwalifikacji i dużego doświadczenia. Wszystkie dane eksperymentalne zostały przedstawione w sposób bardzo czytelny, a wyniki logicznie skomentowane w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Autorka dokonała prawidłowej interpretacji dużej liczby danych eksperymentalnych, co świadczy o Jej biegłej znajomości zastosowanych metod i technik badawczych.

W ostatniej części dysertacji, Doktorantka na podstawie krytycznej dyskusji sformułował spójne, wyważone i logiczne wnioski.

Największym osiągnięciem mgr Dagmary Słoty w ocenie recenzenta jest wykazanie, że dzięki kontroli składu oraz kierunkowej funkcjonalizacji, możliwe jest racjonalne projektowanie wielofunkcyjnych powłok kompozytowych, co stwarza nowe możliwości rozwoju materiałów stosowanych do regeneracji tkanki kostnej. Uzyskane rezultaty badań stanowią solidną podstawę do optymalizacji procesu wytwarzania i nanoszenia powłok, a także do badań przedklinicznych oraz translacyjnych, których celem będzie potwierdzenie skuteczności i bezpieczeństwa stosowania biomateriałów w warunkach klinicznych. Daje to nadzieję na wdrożenie zaproponowanych powłok kompozytowych w technologii aktywnych wyrobów medycznych, w szczególności leczeniu i wspomaganiu regeneracji tkanki kostnej przy zabiegach obciążonych wysokim ryzykiem infekcji.

Z obowiązku recenzenta mam kilka drobnych uwag formalnych.

Przykładowe uwagi:

- Prawidłowa nazwa PEG brzmi glikol polioksyetylenowy; i analogicznie PEGDA – diakrylan poli(glikolu etylenowego) – diakrylan glikolu polioksyetylenowego;
- Sformułowanie „uwalnianie leku” powinno być zastąpione określeniem „uwalnianie substancji leczniczej/czynnej/aktywnej”;

Chciałem podkreślić, że wyżej wymienione drobne uchybienia nie wpływają na bardzo wysoką wartość merytoryczną niniejszej pracy.

Prosiłbym Doktorantkę o komentarz/informację dotyczący/cą następujących kwestii:

- 1) Czy Doktorantka planuje dokonać analizy wyników badań kinetyki uwalniania antybiotyku i czynników wzrostu z otrzymanych powłok przy wykorzystaniu innych modeli matematycznych: kinetyki zerowego i pierwszego rzędu oraz modelu Korsmeyera–Peppasa?
- 2) Czy planowane są badania właściwości przeciwdrobnoustrojowych opracowanych powłok z wykorzystaniem innych patogenów?
- 3) Czy możliwa jest modyfikacja składu/metody otrzymywania powłok stanowiących przedmiot rozprawy doktorskiej w celu wydłużenia czasu uwalniania z nich czynników wzrostu do poziomu kilku tygodni?
- 4) Czy przeprowadzono badania biodegradacji otrzymanych powłok kompozytowych (in vitro, in vivo)?
- 5) Czy przeprowadzono badania cytotoksyczności produktów biodegradacji powłok kompozytowych?

Reasumując stwierdzam, że dysertacja została zredagowana w sposób bardzo staranny. Pracę czyta się dobrze. Układ treści jest logiczny i spójny. Zakres pracy doktorskiej jest bardzo obszerny. Wart podkreślenia jest fakt opublikowania przez Doktorantkę wyników swoich badań w formie pięciu artykułów oryginalnych i dwóch przeglądowych. Niewątpliwie, jest to duże osiągnięcie Autorki. Magister Dagmara Słota jest pierwszym autorem w sześciu wymienionych publikacjach wchodzących w skład cyklu. We wszystkich pracach widoczny jest udział Doktorantki w koncepcji, koordynacji badań oraz przygotowaniu manuskryptów. Świadczy to o wiodącej roli mgr Dagmary Słota w publikacjach wchodzących w skład cyklu.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr Dagmary Słoty jest bardzo wartościowym, oryginalnym i interdyscyplinarnym opracowaniem naukowym. Uważam, że uzyskane wyniki badań wzbogacają wiedzę w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Doktorantka wykazała się umiejętnością planowania i wykonywania eksperymentów, interpretowania i krytycznej dyskusji wyników badań oraz formułowania logicznych wniosków.

Reasumując z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska mgr Dagmary Słoty pt. *"Powłoka kompozytowa z kontrolowaną bioaktywnością, do zastosowań medycznych"* z dużym nadmiarem spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.). W związku z tym, wnoszę do Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Krakowskiej

im. Tadeusza Kościuszki o nadanie mgr Dagmarze Słocie stopnia naukowego doktora w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom merytoryczny rozprawy, wartościowy materiał badawczy, wyjątkowe walory poznawcze i aplikacyjny charakter pracy oraz opublikowanie uzyskanych wyników badań w uznanych czasopismach naukowych, wnioskuję do Wysokiej Rady o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Dagmary Słoty.