



**dr hab. Bożena Karolewicz, prof. uczelni**  
Katedra i Zakład Technologii Postaci leku  
Wydział Farmaceutyczny  
Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu  
ul. Borowska 211a; 50-556 Wrocław  
tel. (71) 784 03 24, faks (71) 784 03 17  
[bozena.karolewicz@umw.edu.pl](mailto:bozena.karolewicz@umw.edu.pl)

Wrocław, 05 sierpnia 2023 r.

## OCENA

**rozprawy doktorskiej mgr farm. Pani Mgr Adrianny Skwiry pt. „Biokompatybilne nośniki substancji leczniczej do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów krzemionkowych” wykonanej w Katedrze i Zakładzie Chemii Fizycznej Wydziału Farmaceutycznego Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego pod kierunkiem naukowym promotora prof. dr hab. n. farm Magdaleny Prokopowicz i promotora pomocniczego dr hab. n. med. Rafała Sądeja, prof. GUMed**

Zgodnie z wytycznymi określonymi w art.187. ust.3. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, została przygotowana w formie tematycznie spójnego cyklu manuskryptów 3 opublikowanych, w czasopiśmie listy filadelfijskiej w latach 2019-2023 znajdujących się na liście A *Wykazu czasopism naukowych Ministra Nauki i Edukacji* i 1 pracy wysłanej do czasopisma, na dzień złożenia rozprawy.

### Struktura rozprawy doktorskiej

Wysoko oceniam od strony formalnej przedstawiony do recenzji dokument stanowiący rozprawę doktorską w formie manuskryptu opisującego cykl 3 oryginalnych publikacji i 1 pracy przedstawionej do recenzji w czasopiśmie, odpowiednio *Polymers, Pharmaceutics, International Journal of Pharmaceutics*:

1. A. Skwira, A. Szewczyk, M. Prokopowicz, The Effect of Polydimethylsiloxane-Ethylcellulose Coating Blends on the Surface Characterization and Drug Release of Ciprofloxacin-Loaded Mesoporous Silica, *Polymers (Basel)*. 11 (2019) 1450.
2. A. Skwira, A. Szewczyk, A. Konopacka, M. Górka, D. Majda, R. Sądej, M. Prokopowicz, Silica-polymer composites as the novel antibiotic delivery systems for bone tissue infection, *Pharmaceutics*. 12 (2020) 28.
3. A. Skwira, A. Szewczyk, R. Sądej, M. Prokopowicz, Bioglass obtained via one-pot synthesis as osseointegrative drug delivery system, *Int. J. Pharm.* 633 (2023) 122610.
4. A. Skwira, A. Szewczyk, J. Barros, M. Laranjeira, F.J Monteiro, R. Sądej, M. Prokopowicz. Biocompatible antibiotic-loaded mesoporous silica/bioglass/collagen-based scaffolds as bone drug delivery systems - w trakcie recenzji na dzień złożenia pracy doktorskiej w czasopiśmie *Int. J. Pharm.*

Recenzowana rozprawa doktorska jest dokumentem zawierającym, oprócz

charakterystyki przeprowadzonych badań w formie manuskryptu w języku polskim uwzględniającym streszczenia w języku polskim i angielskim, wstęp, cel rozprawy, metodykę, omówienie wyników badań zawartych w poszczególnych publikacjach stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, podsumowanie i wnioski, zestawienie piśmiennictwa, wykaz projektów, w ramach których sfinansowano prowadzone badania. W dokumentacji nie zawarto oświadczeń współautorów opublikowanych prac, jednak w każdej publikacji Doktorantka jest pierwszym autorem a Jej udział w opracowaniu koncepcji badań, ich wykonaniu oraz przygotowaniu publikacji został wskazany w manuskryptach, wymieniając Jej znaczącą rolę w planowanie, wykonanie badań, w tym opracowanie i interpretację otrzymanych danych doświadczalnych oraz opracowanie publikacji.

### **Uzasadnienie podjętej w rozprawie problematyki badawczej**

Niedawny postęp w materiałoznawstwie umożliwia wykorzystanie rusztowań do leczenia zróżnicowanej grupy chorób tkanki kostnej. Poszukiwanie nowych materiałów jako implantowanych nośników dla lokalnego podawania substancji czynnych w leczeniu chorób kości i szpiku, jednostkach chorobowych stanowiących istotne wyzwanie kliniczne, jest ważnym kierunkiem prowadzonych prac badawczych zaprojektowanych na opracowanie rozwiązań do aplikacji. Stosowana często w *osteomyelitis* terapia systemowa ma ograniczoną skuteczność, jednocześnie przy wzroście działań niepożądanych stosowanych antybiotyków, narastającej oporności drobnoustrojów na leki, nawracających infekcjach, ograniczonej dostępności materiałów o zdolności osteointegracji, co skłania do podejmowania badań nad opracowaniem nowych materiałów o kontrolowanym profilu uwalniania inkorporowanych substancji czynnych i bioaktywności. Jest to interdyscyplinarny obszar badań łączący technologię farmaceutyczną z inżynierią materiałów. W celu niniejszej pracy doktorskiej Autorka podjęła się otrzymania biozgodnych nośników substancji leczniczej do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów krzemionkowych o potencjalnym zastosowaniu w miejscowym leczeniu *osteomyelitis*, przy założeniu, że nośniki w postaci rusztowań powinny uwalniać antybiotyk w sposób przedłużony, ale także stymulować procesy regeneracji tkanki kostnej. Cel pracy realizowany był w oparciu o cele cząstkowe obejmujące:

- otrzymanie i charakterystykę mezoporowatego materiału krzemionkowego MCM-41 modyfikowanego poprzez powlekanie etylocelulozą (EC) i polidimetylosiloksanem (PDMS) oraz jego analiza jako potencjalnego biozgodnego nośnika o przedłużonym uwalnianiu dla inkorporowanej substancji leczniczej o aktywności przeciwdrobnoustrojowej,
- otrzymanie i charakterystyka zdolności do osseointegracji bioszklą jako materiału o potencjalnych właściwościach regenerujących tkankę kostną,
- technologię otrzymania i charakterystykę rusztowań kolagenowo-krzemionkowych z modyfikowanego uprzednio mezoporowatego materiału krzemionkowego z zaadsorbowanym antybiotykiem i bioszklą, jako potencjalnych systemów dostarczających substancję leczniczą i regenerujących tkankę kostną z oceną biozgodności rusztowań w modelu *in vitro* i początkowej odpowiedzi tkankowej w modelu *in vivo*.

Chciałabym podkreślić, iż podjęta przez Doktorantkę problematyka badawcza przedstawiona w rozprawie doktorskiej, wpisuje się w najnowsze kierunki rozwoju badań nad

opracowaniem funkcjonalnych biozgodnych nośników uwalniających substancję czynną, przy jednoczesnym wspomaganiu regeneracji uszkodzonej tkanki.

### **Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej**

W myśl *Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* forma przedstawienia wyników badań oparta o opublikowane manuskrypty przedstawione do oceny jako rozprawa doktorska, już po weryfikacji niezależnych recenzentów poprawności przeprowadzenia prac doświadczalnych, interpretacji uzyskanych wyników badań i ich analizy, pozwala na ograniczenie mojej oceny się do analizy zawartości poszczególnych publikacji, w aspekcie ich spójności oraz oceny realizacji założeń przedmiotu badań.

W publikacji 1. z cyklu mgr Adrianna Skwira oceniła uwalnianie modelowej zaadsorbowanej substancji cyprofloksacyny z powierzchni mezoporowatego materiału krzemionkowego MCM-41 otrzymanego za pomocą metody zol-żel, niepowlekanego i powlekanego etylocelulozą (EC) oraz mieszaniną roztworu etylocelulozy z dodatkiem polidimetylosiloksanu. Uzyskane zmniejszenie początkowego efektu szybkiego, gwałtownego uwolnienia („wyrzutu”) cyprofloksacyny z materiałów powlekanych wypełniło założenie wskazane w celu pracy odnośnie potrzeby uzyskania przedłużonego uwalniania substancji z opracowywanych biozgodnych nośników do implantacji. Modyfikacje profilu uwalniania tłumaczono w oparciu o właściwości materiału i polimerów powlekających i potwierdzono za pomocą analizy morfologii powierzchni z wykorzystaniem SEM. Odnotowano zależność uzyskania korzystnych właściwości powierzchni filmów wraz ze wzrostem zawartości PDMS-u w formulacji, co ma istotne znaczenie dla integracji biomateriału z tkanką kostną biorcy.

W kolejnej 2. prowadzono uzupełniającą ocenę właściwości fizykochemicznych formulacji wytypowanych w publikacji 1 oraz ich właściwości mikrobiologicznych i biologicznych. Analiza tekstury wykazała, że dodatek PDMS-u do kompozytów wpłynął korzystnie na zwiększenie elastyczności, siły potrzebnej do pęknięcia próbki i twardości, co potwierdza jego potencjał jako materiału wskazywanego w założeniach pracy. Dodatkowo na podstawie analizy termicznej TGA i DSC wykazano korzystny wpływ adsorpcji cyprofloksacyny na mezoporowatym materiale krzemionkowym oraz dodatku mieszaniny złożonej z etylocelulozy i PDMS-u na stabilność termiczną antybiotyku i modyfikację uwalniania cyprofloksacyny z kompozytów zawierających mieszaninę polimerów w 30-dniowej ocenie oraz w analizie stref zahamowania wzrostu *S. aureus*. Kompozyty powlekane zawierające cyprofloksacynę zaadsorbowaną na mezoporowatym materiale krzemionkowym wykazały całkowitą biozgodność z ludzkimi osteoblastami. Tym samym opisane w publikacjach 1 i 2 wyniki wskazują na realizację 1. celu cząstkowego założonego przez Doktorantkę.

W kolejnej publikacji 3. zgodnie z przyjętymi założeniami dokonano oceny zgodnie z zaleceniami normy ISO 10993 zdolności do osseointegracji otrzymanego bioszklą, otrzymanego na drodze modyfikacji klasycznego procesu zol-żel, w porównaniu z dwoma komercyjnie dostępnymi materiałami. Przeprowadzono dwa rodzaje testów wykorzystując linię komórkową ludzkich osteoblastów hFOB 1.19 jako model *in vitro* oraz testy z zastosowaniem ekstraktów z bioszkieł poprzez pomiar ekspresji wybranych genów, uznawanych za markery wczesnych etapów tego procesu. Uzyskane wyniki potwierdziły biozgodność otrzymanego bioszklą na poziomie komórkowym. Ponadto wykazano korzystny wpływ uwalnianych z otrzymanego bioszklą jonów wapnia i ortokrzemianów na różnicowanie osteoblastów i regulowany przez nie proces mineralizacji. Warto podkreślić, że efekty biologiczne testów były

znacznie korzystniejsze niż bioszkieł komercyjnych, co potwierdza przydatność otrzymanego bioszkieła jako materiału o potencjalnych właściwościach regeneracyjnych. W badaniach pomimo możliwości adsorpcji doksycykliny na otrzymanym bioszkiele wykazano, że uzyskiwany kilkudniowy czas uwalniania antybiotyku nie spełniał rekomendacji leczenia zakażeń bakteryjnych tkanki kostnej oraz założenia pracy doktorskiej.

W 4. ostatniej niepublikowanej pracy będącej przedmiotem rozprawy doktorskiej opisano etapy badawcze prowadzące do zrealizowania celu nadrzędnego - otrzymania biozgodnych nośników substancji leczniczej do tkanki kostnej o potencjalnym działaniu leczniczym i regeneracyjnym. Założeniem było zaprojektowanie i otrzymanie rusztowań kolagenowo-krzemionkowych o odpowiednich parametrach strukturalnych, teksturalnych, zachowanej aktywności przeciwbakteryjnej oraz pożądanych właściwościach biologicznych. Do otrzymania nośników wykorzystano wyniki dotychczasowych badań, zakładając, że modyfikowany mezoporowaty materiał krzemionkowy z zaadsorbowaną cyprofloksacyną będzie pełnił funkcję nośnika substancji leczniczej o przedłużonym uwalnianiu, a bioszkieło, o potwierdzonej w modelu *in vitro* zdolności do osseointegracji, będzie stanowił komponent stymulujący regenerację tkanki kostnej. W badaniach wykazano, iż połączenie otrzymanych i scharakteryzowanych materiałów: modyfikowanego mezoporowatego materiału krzemionkowego MCM-41 zawierającego cyprofloksacynę oraz bioszkieła pozwoliło na otrzymanie nośników o właściwościach wysoce pożądanych w inżynierii tkanki kostnej. Proponowane rusztowania kolagenowo-krzemionkowe mogą służyć jako wielofunkcyjne nośniki, które nie tylko uwalniają antybiotyk w sposób przedłużony, ale również stymulują regenerację tkanki kostnej, wskazując w perspektywie na konieczność przeprowadzenia dalszych długookresowych badań *in vivo* z wykorzystaniem ssaczych modeli zwierzęcych.

Podsumowując sposób planowania, realizacji badań i zawartość przedstawionych publikacji, stwierdzam, że Doktorantka potwierdziła znajomość zagadnień projektowania i oceny nośników oraz umiejętność interpretacji wyników prac doświadczalnych o zróżnicowanym charakterze. W uwagę, iż przedstawiony w publikacji szeroki zakres badań, z które w ostatnim etapie Doktorantka wykonała w ramach nawiązanej współpracy z Instytutem Badań i Innowacji w Naukach o Zdrowiu Uniwersytetu w Porto. Pragnę raz jeszcze podkreślić fakt wielokierunkowego ujęcia badań, wiążącego się z koniecznością pogłębienia wiedzy, także w obszarze technik analitycznych oraz oceny biologicznej. Szerokie wykorzystanie przez Doktorantkę zaawansowanych metodologii badań analitycznych: spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera do oceny oddziaływania nośnik-substancja czynna, mikrotomografii komputerowej, profilometrii optycznej i skaningowej mikroskopii elektronowej do obrazowania morfologii powierzchni materiału również z detektorem EDS - spektrometrem dyspersji w celu analizy rozmieszczenia pierwiastków na powierzchni, metody dyfrakcji rentgenowskiej i różnicowej kalorymetrii skaningowej do charakteryzowania nośników, analizy tekstury kompozytów do oceny ich właściwości mechanicznych, pozwoliło na pełną charakterystykę użytych materiałów i rusztowań. W pracy wykorzystano na wszystkich etapach ocenę farmaceutyczną uwalniania substancji czynnych z formułacji oraz ocenę biologiczną obejmującą oznaczenie aktywności przeciwdrobnoustrojowej i biozgodności *in vitro* z wykorzystaniem: kolorymetrycznego testu cytotoksyczności (WST-1), ilościowej reakcji łańcuchowej polimerazy (qRT-PCR), oznaczania kolorymetrycznego aktywności enzymatycznej fosfatazy alkalicznej, barwienia białek macierzy zewnątrzkomórkowej metodą immunofluorescencyjną, barwienia zlokalizowanych zewnątrzkomórkowo soli wapnia za

pomocą czerwienu alizarynowej S, ilościowego oznaczenia wapnia wewnątrzkomórkowego metodą pomiaru intensywności fluorescencji (Rhod-4 Calcium Assay Kit), obserwacji przyżyciowej z wykorzystaniem mikroskopii holotomograficznej oraz *in vivo* z wykorzystaniem techniki CAM. Wymieniony bardzo dobry warsztat badawczy, prawidłowe opracowanie metodyczne skutkuje zbiorem danych cechujących się oryginalnością naukową, czego dowodem są publikacje w czasopismach o wysokim współczynniku oddziaływania. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań zostały przedstawione w 3 publikacjach oryginalnych z zakresu nauk farmaceutycznych oraz 1 pracy przedstawionej do publikacji w czasopiśmie *Int. J. Pharm.* o sumarycznym współczynniku wpływu *Impact Factor* dla prac opublikowanych z cyklu równym 16,257 (punktacja MNiE 300 pkt.). Z całym przekonaniem stwierdzam, że Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością zagadnień związanych z przedmiotem badań i umiejętnością wykorzystania dostępnych danych źródłowych. Zbiór cytowanego piśmiennictwa w formie 109 publikacji w zasadniczej części zawiera najnowsze dane dokumentujące zasób badań w zakresie opracowania i badania nośników o potencjale do zastosowań jako materiałów biodegradowalnych, docelowo w regeneracji tkanki kostnej, co potwierdza analizę i przygotowanie do realizacji tematu.

Doktorantka przedstawiła 8 wniosków końcowych, które wyczerpują wskazane założenia i cel rozprawy. Przedstawione przez Doktorantkę wnioski podsumowują wyniki badań wskazując na:

- możliwość modyfikacji profilu uwalniania substancji z mezoporowatego materiału krzemionkowego MCM-41 uzyskiwanej korzystnie na drodze powleczenia mieszaninami etylocelulozy i PDMS-u lub samym PDMS-em,
- potencjałem osteoindukcyjnym oraz osteokondukcyjnym otrzymanego materiału przewyższającym stosowane bioszklą komercyjne,
- zoptymalizowane procedury służące ocenie właściwości osseointegracyjnych w modelu *in vitro* oraz metodologię oceny właściwości osteoindukcyjnych w oparciu o analizę więcej niż jednego markera molekularnego,
- korzyści połączenia materiałów nieorganicznych (mezoporowatego materiału krzemionkowego MCM-41 oraz bioszklą) i kolagenu typu I w opracowaniu wielofunkcyjnych rusztowań jako nośników,
- potencjalną przydatność otrzymanych rusztowań kolagenowo-krzemionkowych w miejscowym leczeniu *osteomyelitis*.

Uważam, że Doktorantka zrealizowała zaplanowane etapy badań. Ich wyniki zawierają elementy nowości naukowej w zakresie opracowania rusztowań oraz ich kompleksowej oceny. Dobrze sformułowane wnioski wskazują nie tylko na charakter poznawczy rozprawy doktorskiej, ale również na wyraźne wykazują na korzystne cechy rozwiązania w perspektywie potencjału aplikacyjnego rozwiązania.

Chciałabym podkreślić, iż do najważniejszych walorów recenzowanej rozprawy zaliczam:

- istotność i aktualność wybranej tematyki, w tym pogłębienie dotychczasowej wiedzy nt. kompleksowego podejścia do opracowania formułacji implantowanych nośników do podania substancji czynnych w chorobach tkanki kostnej,
- ustalenie wpływu składu kompozycyjnego na strukturę i własności nowo opracowanych wielofunkcyjnych rusztowań kolagenowo-krzemionkowych o korzystniejszych

cechach od stosowanych granulatów z polimetakrylanu metylu z antybiotykami, stanowiąc postęp w rozwoju nośników,

- sposób charakterystyki biologicznej materiałów obejmujący zbiór zoptymalizowanych procedur umożliwiających przeprowadzenie kompleksowej oceny biomateriałów degradablealnych zgodnie z normą ISO 10993, w tym dowiedzenie, iż analizie aktywności enzymatycznej fosfatazy alkalicznej zawsze powinna towarzyszyć ocena dodatkowych markerów procesu różnicowania osteoblastów i regulowanej przez nie mineralizacji,
- perspektywę oceny *in vivo* z wykorzystaniem modeli zwierzęcych opracowanych nośników, co finalnie świadczy o zaawansowaniu rozwiązania.

Biorąc pod uwagę wysoką jakość merytoryczną i kompleksowe podejście do planowania eksperymentu chciałabym z ciekawości badacza zapytać Doktorantkę o kwestię:

- czy widzi Pani ograniczenia w zaproponowanej metodzie wytwarzania projektowanych rusztowań? Czy zaproponowana technologia wytwarzania może wpływać na zmienność parametrów uzyskiwanych nośników np. na ich strukturę i własności powierzchniowe rusztowań?
- Czy w Pani opinii struktura heterogeniczna rusztowań może wpływać na zmienność uzyskiwanych parametrów?

#### **Podsumowanie**

Podsumowując zaprezentowany w dysertacji „*Biokompatybilne nośniki substancji leczniczej do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów krzemionkowych*” problem naukowy, warsztat badawczy i analiza wyników stanowią o wysokiej wartości poznawczej i porządkującej dostępną wiedzę z obszaru opracowania i zaawansowanej oceny biokompatybilnych nośników substancji do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów. W mojej opinii praca wychodzi naprzeciw stawianym oczekiwaniom, iż prowadzone prace naukowe pozwolą docelowo na rozwój kierunku opracowywania implantowalnych nośników o korzystnych właściwościach farmaceutycznych i w perspektywie możliwego zastosowania w terapii. Doktorantka dzięki wnikliwemu przygotowaniu teoretycznemu i wykonaniu wielu licznych badań charakteryzujących nośniki w ramach realizacji grantów tj. m.in.: NCN OPUS 15, Preludium 20, Młody Twórca Nauki I, Młody Badacz GUMed (w 3 jako kierownik), a także współpracy z Instytutem Badań i Innowacji w Naukach o Zdrowiu Uniwersytetu w Porto, zrealizowała cały proces badawczy.

**Podsumowując oceniana rozprawa doktorska mgr Adrianny Skwiry stanowi oryginalne opracowanie naukowe spełniające wymogi Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jedn. Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) stawiane rozprawom doktorskim. W związku z powyższym wnioskuję do Rady Nauk Farmaceutycznych Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego do dalszych etapów postępowania w celu nadania stopnia doktora nauk farmaceutycznych.**

Jednocześnie korzystając z przysługującego recenzentowi prawa wnioskuję do Rady Nauk Farmaceutycznych Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej.

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu  
KATEDRA I ZAKŁAD  
TECHNOLOGII POSTACI LEKU  
opiniotwórczyni  
*P. Karolowicz*  
dr hab. s. med. Joanna Karolowicz, prof. uczelni





**dr hab. Bożena Karolewicz, prof. uczelni**

Katedra i zakład Technologii Postaci leku  
Wydział Farmaceutyczny  
Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu  
ul. Borowska 211a; 50-556 Wrocław  
tel. (71) 784 03 24, faks (71) 784 03 17  
[bozena.karolewicz@umw.edu.pl](mailto:bozena.karolewicz@umw.edu.pl)

Wrocław, 05 sierpnia 2023 r.

**Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej  
Pani Mgr Adrianny Skwiry pt. „Biokompatybilne nośniki substancji leczniczej do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów krzemionkowych”.**

wykonanej pod kierunkiem naukowym promotora prof. dr hab. n. farm Magdaleny Prokopowicz i promotora pomocniczego dr hab. n. med. Rafała Sądeja, prof. GUMed wykonanej w Katedrze i Zakładzie Chemii Fizycznej Wydziału Farmaceutycznego Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

Korzystając z przysługującego recenzentowi prawa wnioskuję do Rady Nauk Farmaceutycznych Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej Pani Mgr Adrianny Skwiry pt. „Biokompatybilne nośniki substancji leczniczej do tkanki kostnej na bazie mezoporowatych materiałów krzemionkowych”.

**Uzasadnienie:**

Oceniana rozprawa doktorska mgr farm. Adrianny Skwiry stanowi oryginalne opracowanie naukowe, poruszające bieżące zagadnienia opracowania i optymalizacji właściwości formułacji biokompatybilnych nośników substancji docelowo do implantacji do tkanki kostnej. Analizowane w dysertacji problemy badawcze są istotne i aktualne. Na podkreślenie zasługuje wartość poznawcza z obszaru opracowania składu i zaawansowanej oceny wielofunkcyjnych rusztowań o potencjale w regeneracji tkanki kostnej i jednocześnie o przedłużonym czasie trwania aktywności przeciwdrobnoustrojowej. W mojej opinii praca wychodzi naprzeciw stawianym oczekiwaniom, iż prowadzone prace naukowe pozwolą docelowo na rozwój kierunku opracowywania nośników z substancjami czynnymi o korzystnych właściwościach farmaceutycznych i zwiększonej funkcjonalności w leczeniu *osteomyelitis*.

Dodatkowo wyniki badań zostały przedstawione w 3 publikacjach oryginalnych z zakresu nauk farmaceutycznych oraz 1 pracy przedstawionej do publikacji w czasopiśmie Int. J. Pharm. o sumarycznym współczynniku wpływu Impact Factor dla prac opublikowanych z cyklu równym 16,257 (punktacja MNiE 300 pkt.).

