



WARSZAWSKI
UNIwersYTET
MEDYCZNY

KATEDRA I ZAKŁAD CHEMII FARMACEUTYCZNEJ I BIOMATERIAŁÓW

Warszawa, 8 stycznia 2026 r.

OCENA

rozprawy doktorskiej mgr farm. Adama Chyżego

pt.: „**Synteza materiałów hydrożelowych, właściwości fizykochemiczne oraz ich zastosowanie jako nośniki substancji farmakologicznie aktywnych**”

wykonanej w Zakładzie Chemii Organicznej Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Stomatologii i Oddziałem Nauczania w Języku Angielskim

w ramach kształcenia w Szkole Doktorskiej

pod kierunkiem promotora **prof. dr hab. Marty Elizy Płońskiej-Brzezińskiej**

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki farmaceutyczne.

Ocena formalna pracy

Pan mgr Adam Chyży jest absolwentem Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (UMB), gdzie ukończył studia na kierunku farmacja. Po uzyskaniu tytułu magistra rozpoczął kształcenie w Szkole Doktorskiej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku i realizował rozprawę doktorską w Zakładzie Chemii Organicznej Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Stomatologii i Oddziałem Nauczania w Języku Angielskim. Jego działalność naukowa koncentruje się na projektowaniu, syntezie oraz charakterystyce nowoczesnych materiałów polimerowych, w szczególności hydrożeli metakrylanowych, przeznaczonych do zastosowań biomedycznych i farmaceutycznych. Doktorant prezentował wyniki swoich badań na ośmiu konferencjach i sympozjach (w tym o charakterze międzynarodowym), w formie referatów oraz posterów, co może świadczyć o aktywnym uczestnictwie w życiu naukowym oraz umiejętności prezentowania i konfrontowania uzyskanych wyników z opiniami środowiska badawczego.

Łączny współczynnik oddziaływania *Impact Factor* (IF) publikacji wchodzących w skład dorobku naukowego Doktoranta wynosi 17,235, punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSzW) wynosi 560, natomiast indeks Hirscha wynosi 3. Warto dodać, że publikacja z 2020 r. w czasopiśmie *Materials*, której pierwszym autorem



WYDZIAŁ
FARMACEUTYCZNY
WUM

ul. Banacha 1
02-097 Warszawa
www.wum.edu.pl

(+48 22) 572 0 784
eoledzka@wum.edu.pl

prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Ewa Olędzka

jest Pan mgr Chyży, została również wydana w formie opracowania książkowego w 2021 r.

Podstawową część rozprawy doktorskiej stanowi spójny tematycznie zbiór trzech zespołowych artykułów opublikowanych w czasopiśmie indeksowanym z bazy *Journal Citation Reports* (JCR) o łącznym IF równym 13,612 i sumie punktów MNiSzW wynoszącej 420. Dwie z tych prac stanowią prace oryginalne:

- Chyży A., Pawelski D., Vivcharenko V., Przekora A., Bratychak M., Astakhova O., Breczko J., Drożdżal P., Płońska-Brzezińska M.; „Microwave-assisted synthesis of modified glycidyl methacrylate-ethyl methacrylate oligomers, their physico-chemical and biological characteristics”; *Molecules*; 2022; 27(2); 337;
- Chyży A., Gnatowski P., Piłat E., Sienkiewicz M., Woźniak K., Wojnicka M., Brzeziński K., Płońska-Brzezińska M.; „Formation and characterization of xylitol-modified glycidyl methacrylate-co-ethyl methacrylate matrices for controlled release of antimicrobial compounds”; *Molecules*; 2025; 30(15); 3083.

Kolejna praca wchodząca w skład dysertacji to praca przeglądowa, która ukazała się jako pierwsza z cyklu w 2020 roku również w *Molecules*:

- Chyży A., Płońska-Brzezińska M.; “Hydrogel properties and their impact on regenerative medicine and tissue engineering”; *Molecules*, 2020; 25(24); 5795.

Liczba wszystkich cytowań publikacji omawianego cyklu w bazie Scopus wynosi 199, z czego 80 stanowią cytowania pracy przeglądowej. Wszystkie prace mają charakter wieloautorski (od 2 do 9 autorów). We wszystkich publikacjach z cyklu Pan mgr Chyży jest pierwszym autorem, zaś jego udział procentowy wskazuje na wiodącą rolę zarówno w opracowaniu koncepcji, wykonaniu badań, jak również w analizie i interpretacji uzyskanych wyników i ostatecznie sformułowaniu wniosków końcowych. Publikacje stanowiące dorobek Pana mgr farm. Adama Chyżego zostały trafnie wybrane i stanowią spójną całość. Poruszają natomiast tematykę związaną z projektowaniem, syntezą i charakterystyką hydrożelowych materiałów polimerowych oraz oceną ich potencjalnego zastosowania w obszarze biomateriałów i nowoczesnych systemów dostarczania substancji farmakologicznie aktywnych. Prace obejmują zarówno aspekty teoretyczne, dotyczące właściwości hydrożeli i ich znaczenia w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej, jak i badania eksperymentalne, ukierunkowane na otrzymanie oraz ocenę funkcjonalnych układów hydrożelowych o założonych właściwościach fizykochemicznych i biologicznych.

Zamieszczony w dysertacji cykl publikacji (str. 99-207) poprzedza wykaz stosowanych skrótów, spis treści, wykaz publikacji stanowiących podstawę dysertacji (str. 5), 8-stronicowy wstęp (str. 9-17), cel pracy (str. 19-20), omówienie części eksperymentalnej - materiały i metody badawcze (str. 21-30), omówienie części badawczej (str. 31-78), podsumowanie i końcowe wnioski (str. 79-82), piśmiennictwo (165 pozycji) w przeważającej części z ostatnich kilku lat a także streszczenia w języku polskim (str. 95) i angielskim (str. 97). Dysertacja zawiera również opinię Komisji Bioetycznej (str. 209); w pracy wskazano, że badania nie wymagały zgody takiej Komisji, ale załączono stosowne stanowisko w tym zakresie. Rozprawę doktorską uzupełnia

prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Ewa Olędzka

- 2 -

rozdział „Oświadczenia”, w którym współautorzy prac określili swój udział w ich powstaniu oraz wyrazili zgodę na ich przedłożenie przez Pana Adama Chyżego jako części rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu publikacji. Na końcu dysertacji zamieszczono dorobek naukowy Doktoranta (str. 229) oraz wykaz doniesień zjazdowych (str. 230). Niestety do dysertacji nie załączono życiorysu oraz wykazu innych aktywności naukowych (np. zrealizowanych projektów, odbytych kursów i szkoleń), co mogłoby dodatkowo podkreślić naukowe zaangażowanie Doktoranta.

Uzasadnienie tematu i ocena merytoryczna

Badania składające się na rozprawę doktorską Pana mgr Adama Chyżego były ukierunkowane na opracowanie hydrożelowych materiałów polimerowych na bazie monomerów metakrylanowych: metakrylanu glicydyli (GMA) oraz metakrylanu etylu (EMA), przeznaczonych do potencjalnych zastosowań w medycynie i farmacji jako nośników substancji o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. W ramach przyjętej koncepcji badawczej założono zwiększenie hydrofilowości otrzymanych układów poprzez funkcjonalizację łańcucha polimerowego związkami hydrofilowymi: etanoloaminą (ETA), L-ornityną (ORN) i ksylitolem (XYL), tak aby umożliwić formowanie matryc o cechach hydrożelu. Docelowo projekt badawczy zmierzał do uzyskania funkcjonalnych matryc hydrożelowych mogących pełnić rolę nośników substancji aktywnych o aktywności przeciwbakteryjnej: bacytracyny (BAC), fioletu gencjany (GV), furazydyny (FUR) i zieleni brylantowej (BG), w kontekście potencjalnych zastosowań miejscowych, zwłaszcza w obszarze leczenia zakażeń i ran.

Temat podjęty przez Doktoranta należy uznać za istotny i aktualny z punktu widzenia współczesnych nauk farmaceutycznych oraz badań nad materiałami polimerowymi przeznaczonymi do zastosowań medycznych, gdyż rozwój funkcjonalnych hydrożeli stanowi jeden z kluczowych kierunków w obszarze miejscowych systemów dostarczania substancji czynnych oraz materiałów wspomagających leczenie ran. Dotychczas w literaturze światowej podejmowano liczne próby wykorzystania hydrożeli jako nośników substancji aktywnych, jednak nadal istnieje potrzeba projektowania układów, które łączą stabilność i odpowiednie właściwości mechaniczne z możliwością precyzyjnego kształtowania hydrofilowości oraz profilu uwalniania substancji czynnych. Szczególnie perspektywiczne są materiały oparte na metakrylanach, ponieważ zapewniają korzystne cechy użytkowe, ale jednocześnie wymagają celowej funkcjonalizacji, aby uzyskać parametry pożądane w zastosowaniach farmaceutycznych i klinicznych. Badania przedstawione w rozprawie wpisują się w ten nurt, dostarczając nowych danych dotyczących modyfikacji układów GMA/EMA i ich przekształcania w matryce hydrożelowe o potencjale zastosowań miejscowych, w szczególności w kontekście terapii zakażeń skóry i leczenia ran. Tym samym praca Pana mgr Chyżego stanowi wartościowy wkład w rozwój badań nad polimerowymi nośnikami substancji czynnych, pogłębiając wiedzę o zależnościach pomiędzy strukturą chemiczną materiału a jego funkcją użytkową.

We Wprowadzeniu, które stanowi pierwszą część dysertacji, Doktorant przedstawia miejsce hydrożeli na tle klasycznych półstałych postaci leku (maści, kremów i żeli), omawia ich podstawowe cechy fizykochemiczne (usieciowana matryca polimerowa, pęcznienie, wysoka zawartość wody), a następnie porządkuje główne kierunki

zastosowań: miejscowe systemy dostarczania substancji czynnych oraz szeroko rozumiane zastosowania w inżynierii tkankowej. Rozdział jest logicznie zbudowany i prowadzi czytelnika od definicji i klasyfikacji, przez mechanizmy immobilizacji i uwalniania (z ryciną ilustrującą podejście *in situ* względem unieruchamiania po usieciowaniu oraz dyfuzję względem degradacji), do uzasadnienia wyboru obszaru aplikacyjnego (zakażenia skóry/rany, biofilm, racjonalizacja terapii miejscowej). Za mocną stroną należy uznać rozległe odwołania do piśmiennictwa oraz próbę syntetycznego zestawienia przykładów w formie Tabeli 1, pt.: „Wybrane przykłady hydrożeli o unikalnych właściwościach do zastosowań biomedycznych”. Jednakże tabela jest bardzo rozbudowana i wymagałaby krótkiego komentarza porządkującego (np. wskazania, które klasy bodźców/stymulacji są kluczowe dla zastosowań dermatologicznych, a które mają charakter poboczny).

Jako recenzent zwracam uwagę na kilka uproszczeń i nieścisłości redakcyjnych. Sformułowanie, że „inżynieria tkankowa jest dziedziną nauki zaliczaną do technicznych”, ma charakter nadmiernie kategoriyczny. W ujęciu współczesnym inżynieria tkankowa stanowi obszar wyraźnie interdyscyplinarny, lokujący się na styku nauk inżynieryjno-technicznych, biomedycznych oraz biologicznych, a jej klasyfikacja bywa różnicowana w zależności od przyjętego kontekstu badawczego i aplikacyjnego. W tekście występują również stwierdzenia nazbyt ogólne (np. „Farmakopea wyróżnia wiele postaci leku”) bez doprecyzowania, o którą Farmakopeę chodzi oraz które rozróżnienia mają znaczenie dla omawianej problematyki. Piśmiennictwo cytowane we Wprowadzeniu jest zasadniczo aktualne, jednak wskazane byłoby mocniejsze osadzenie problemu zakażeń ran i narastania oporności w danych epidemiologicznych lub raportach/wytycznych (np. poprzez przywołanie aktualnych przeglądów lub rekomendacji). Warto też dodać krótkie, krytyczne podsumowanie luki badawczej, prowadzące wprost do uzasadnienia wyboru układów metakrylanowych GMA/EMA jako rdzenia tematycznego dysertacji.

O dobrej orientacji Doktoranta w problematyce hydrożeli świadczy publikacja przeglądowa (**publikacja 1**, *Molecules* 2020), w której Doktorant koncentruje się na kluczowych właściwościach fizykochemicznych hydrożeli determinujących ich przydatność w medycynie regeneracyjnej oraz inżynierii tkankowej, a także przedstawia strategie modyfikacji chemicznych i funkcjonalnych takich układów. Artykuł ten pozostaje spójny tematycznie z dysertacją, gdyż buduje szerokie i uporządkowane tło naukowe dla projektowania hydrożeli jako materiałów o charakterze platformowym (m.in. nośniki substancji biologicznie czynnych, opatrunki, rusztowania), choć sam w sobie nie odnosi się bezpośrednio do układów metakrylanowych GMA/EMA stanowiących rdzeń części eksperymentalnej rozprawy. Na szczególną uwagę zasługuje omówienie parametrów o znaczeniu rozstrzygającym w badaniach nad hydrożelami (m.in. pęcznienie, porowatość, właściwości reologiczne, biokompatybilność, mechanizmy samonaprawy), co dostarcza czytelnikowi uporządkowanych ram interpretacyjnych do oceny wpływu właściwości materiału na jego potencjalną użyteczność terapeutyczną.

Jednocześnie należy odnotować, że choć publikacja przeglądowa została włączona do dysertacji w sposób formalnie prawidłowy (ujęta w wykazie publikacji stanowiących podstawę rozprawy), w części autorskiej dysertacji (wprowadzenie, cel, omówienie) nie

prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Ewa Olędzka

- 4 -

została wprost podkreślona jej funkcja merytoryczna jako pracy porządkującej stan wiedzy i uzasadniającej przyjęte w badaniach własnych założenia. W szczególności brakuje krótkiego, syntetycznego wskazania, które elementy przeglądu (np. parametry determinujące użyteczność hydrożeli, ograniczenia rozwiązań opisywanych w literaturze oraz potrzeba funkcjonalizacji materiałów o charakterze hydrofobowym) bezpośrednio prowadzą do wyboru strategii badawczej zastosowanej w publikacjach eksperymentalnych. Uzupełnienie tego wątku o 1–2 akapity podkreślające rolę publikacji przeglądowej w konstrukcji całej rozprawy zwiększyłoby spójność narracyjną dysertacji oraz wzmocniło logiczne przejście od przesłanek literaturowych do badań własnych.

Cele główne i szczegółowe dysertacji sformułowano w sposób spójny, a ich układ odpowiada logicznej sekwencji prac typowej dla badań nad materiałami polimerowymi o przeznaczeniu biomedycznym: od etapu projektowania i wytworzenia materiału, poprzez jego modyfikację, aż do weryfikacji przydatności aplikacyjnej w kontekście nośnikowym. Uwagę zwraca konsekwentne powiązanie komponentu materiałowego z komponentem aplikacyjnym, tj. poprzez dobór substancji o działaniu przeciwdrobnoustrojowym o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych, co umożliwia ocenę zachowania matrycy w warunkach istotnych dla potencjalnych zastosowań miejscowych. Na podkreślenie zasługuje również przejrzyste uporządkowanie części „*Materiały i metody badawcze*”, która zapewnia czytelne odniesienie do zastosowanych narzędzi analitycznych oraz ułatwia śledzenie zależności pomiędzy modyfikacją chemiczną a właściwościami użytkowymi. Tak nakreślone ramy pracy znajdują bezpośrednie odzwierciedlenie w dwóch publikacjach eksperymentalnych, stanowiących trzon części badawczej dysertacji: pierwsza z nich obejmuje etap materiałowy i selekcyjny, natomiast druga etap otrzymywania matryc oraz ich oceny funkcjonalnej w roli nośników substancji przeciwdrobnoustrojowych.

Publikacja 2 (*Molecules* 2022) odpowiada etapowi materiałowemu badań, w którym Doktorant realizuje syntezę kooligomeru [P(EMA)-co-(GMA)] oraz jego funkcjonalizację związkami: ETA, ORN i XYL, ukierunkowaną na obniżenie hydrofobowości oligomeru metakrylanowego i uzyskanie materiałów zdolnych do tworzenia układów o charakterze hydrożelowym. W części badawczej dysertacji wyniki przedstawiono w logicznej sekwencji: najpierw potwierdzono modyfikację chemiczną na podstawie analizy widm spektroskopowych (^1H i ^{13}C NMR, FTIR) oraz ilościowe oznaczenie liczby epoksydowej (spadek tej wartości po funkcjonalizacji jako wskaźnik stopnia otwarcia pierścienia epoksydowego GMA). Następnie scharakteryzowano rozkład średnich mas cząsteczkowych i współczynnika dyspersyjności (technika HPLC-SEC (GPC)) a także stabilność termiczną (TGA), po czym oceniono zachowanie materiałów w środowisku wodnym na podstawie współczynnika pęcznienia (SW) i wartości kąta zwilżania. Taka sekwencja pomiarów umożliwia spójne przejście od potwierdzenia struktury do właściwości użytkowych istotnych dla dalszych zastosowań.

Kluczowym elementem rozstrzygającym w **publikacji 2** jest ocena bezpieczeństwa biologicznego uzyskanych materiałów. Badanie żywotności komórek (test MTT) na fibroblastach skóry ludzkiej ma charakter selekcyjny i w praktyce determinuje dalszą ścieżkę badań: część pochodnych modyfikowanych ETA i ORN powoduje istotne obniżenie żywotności, natomiast materiał wyjściowy oraz wariant z XYL wykazują

korzystniejszy profil. W dysertacji wniosek ten konsekwentnie wykorzystano do uzasadnienia, dlatego w kolejnych etapach prac rozwijane są przede wszystkim układy oparte na [P(EMA)-co-(GMA)]-XYL. Z perspektywy recenzenckiej jest to mocna strona pracy: Doktorant nie ogranicza się do deklaratywnego stwierdzenia o „biokompatybilności”, lecz przedstawia kryterium komórkowe jako filtr decyzyjny dla dalszych badań aplikacyjnych.

Jednocześnie w tej części pracy występują elementy wymagające krytycznej weryfikacji i doprecyzowania. Po pierwsze, w opisie wyników testu MTT występuje niekonsekwencja w oznaczeniach wariantów ORN i przypisaniu im wartości przeżywalności (w tekście przywołano ORN(2) dla dwóch istotnie różnych poziomów żywotności, podczas gdy z Ryciny 10 (oraz z opisu w **publikacji 2**) wynika, że wartości te dotyczą odpowiednio ORN(1) i ORN(2)). Kwestia ta wymaga jednoznacznego sprostowania, ponieważ dotyczy kluczowego etapu selekcji materiału do dalszych badań. Po drugie, w badaniach uwalniania substancji modelowej (błękitu metylenowego) zastosowano agarozę (AGR) jako komponent strukturotwórczy, co jest rozwiązaniem technologicznie uzasadnionym i konsekwentnie kontynuowanym w kolejnych etapach badań. Z perspektywy interpretacyjnej istotne jest jednak, aby wyraźnie podkreślić, że uzyskane profile uwalniania odnoszą się do układu hybrydowego (pochodna [P(EMA)-co-(GMA)]/AGR), a nie do samego kooligomeru. Wskazane byłoby zatem bardziej jednoznaczne rozdzielanie wkładu modyfikowanego kooligomeru oraz wkładu AGR w kształtowanie transportu dyfuzyjnego, tak aby uniknąć nadmiernego uogólnienia wniosków.

Publikacja 3 (*Molecules* 2025) stanowi bezpośrednie rozwinięcie wyników **publikacji 2** i ma charakter aplikacyjny. Doktorant koncentruje się na otrzymywaniu materiałów hydrożelowych opartych na [P(EMA)-co-(GMA)]-XYL z udziałem AGR oraz na ocenie ich przydatności jako nośników związków przeciwdrobnoustrojowych: BAC, GV, FUR i BG. Istotnym założeniem pracy jest przygotowanie matryc w dwóch wariantach składu, tj. o dwóch stosunkach masowych [P(EMA)-co-(GMA)]-XYL:AGR: 2:1 (matryca 1) oraz 1:1 (matryca 2), a także zastosowanie odpowiednich kontroli (matryca agarozowa bez dodatku [P(EMA)-co-(GMA)]-XYL). Takie podejście umożliwia analizę wpływu kompozycji układu na właściwości użytkowe, w szczególności na przebieg uwalniania.

W dysertacji przedstawiono zestaw parametrów wspierających ocenę funkcjonalną matryc: wyznaczono właściwości powierzchniowe (kąąt zwilżania, energię powierzchniową) oraz przeprowadzono ocenę reologiczną (moduł zachowawczy G' , moduł stratny G'' w funkcji temperatury i częstotliwości), co stanowi właściwy kierunek w przypadku materiałów rozważanych jako układy do zastosowań miejscowych. W badaniach mikrobiologicznych zastosowano metodę dyfuzyjno-krażkową wobec szczepów *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Staphylococcus epidermidis*, wskazując, że proces wytwarzania matryc nie znosi aktywności przeciwdrobnoustrojowej immobilizowanych substancji. Należy jednak doprecyzować, że – zgodnie z opisem w dysertacji – testy bakteriologiczne przeprowadzono dla matrycy 2 ([P(EMA)-co-(GMA)]-XYL:AGR = 1:1), co pozwala potwierdzić zachowanie aktywności substancji czynnej po immobilizacji, natomiast nie uprawnia do wnioskowania o wpływie zmiany składu na efekt biologiczny (matryca 1 w porównaniu do matrycy 2). Następnie zaprezentowano profile uwalniania substancji czynnych z materiałów,

prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Ewa Olędzka

- 6 -

uzupełnione analizą kinetyczną (w tym z wykorzystaniem modelu Korsmeyera-Peppasa), wskazując na typowy przebieg z fazą początkowo szybszego uwalniania (tzw. efekt burst release), po której następuje etap wolniejszego, bardziej kontrolowanego transportu, interpretowany jako przebieg zdominowany przez mechanizmy dyfuzyjne.

Jednocześnie w tej części pracy konieczne jest zachowanie ostrożności w formułowaniu wniosków i doprecyzowanie kilku aspektów. Po pierwsze, odnoszenie stężeń uzyskanych w płynie akceptorowym do wartości minimalnego stężenia hamującego (MIC) może stanowić użyteczny punkt odniesienia, jednak nie powinno być traktowane jako rozstrzygający dowód skuteczności terapeutycznej *in vivo*, ponieważ warunki oznaczania MIC i warunki eksperymentu uwalniania nie są tożsame (medium, czas inkubacji, dostępność substancji w środowisku rany). Po drugie, ponieważ aktywność mikrobiologiczną oceniano dla jednego wariantu składu matrycy (matryca 2), zasadne byłoby krótkie uzasadnienie takiego ograniczenia bądź rozważenie uzupełnienia badań o analogiczne oznaczenia dla matrycy 1, jeśli celem ma być porównanie wpływu składu na aktywność biologiczną. Po trzecie, część interpretacji dotyczących różnic w „gęstości” matrycy oraz siły oddziaływań matryca – substancja czynna jako przyczyny zmian w uwalnianiu ma charakter hipotezy opartej na danych pośrednich; wnioski takie powinny być formułowane w sposób warunkowy albo wzmocnione danymi strukturalnymi (np. obrazowaniem mikrostruktury lub parametrami porowatości). Dodatkowo wskazane jest ujednoczenie narracji dotyczącej wpływu składu matrycy na stopień uwalniania: w części omówienia pojawiają się sformułowania sugerujące zarówno wzrost uwolnienia wraz ze wzrostem udziału komponentu polimerowego (matryca 1) jak i najwyższe uwalnianie dla matrycy 2, co wymaga doprecyzowania w zgodzie z definicją matryc oraz przedstawionymi danymi.

Podsumowując, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr farm. Adama Chyżego, pt.: „*Synteza materiałów hydrożelowych, właściwości fizykochemiczne oraz ich zastosowanie jako nośniki substancji farmakologicznie aktywnych*” stanowi oryginalne opracowanie problemu naukowego i wnosi istotny wkład w rozwój nauk farmaceutycznych. Należy podkreślić, że Doktorant zrealizował spójny program prac obejmujący zaprojektowanie i otrzymanie metakrylanowych materiałów polimerowych na bazie GMA i EMA, ich celową funkcjonalizację oraz rozwinięcie tych wyników w kierunku przygotowania materiałów hydrożelowych o potencjale zastosowań biomedycznych, w tym jako nośników substancji o aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Przedstawione w dysertacji wyniki zostały w przeważającej mierze zaplanowane i przeprowadzone w sposób właściwy, a przyjęta logika selekcji wariantu materiałowego jest merytorycznie uzasadniona i konsekwentnie prowadzona w kolejnych etapach badań. Na podkreślenie zasługuje osadzenie pracy w cyklu publikacji w recenzowanych czasopismach oraz szeroki zakres zastosowanych metod analitycznych i badań funkcjonalnych, które tworzą czytelny obraz zależności pomiędzy modyfikacją chemiczną materiału a jego właściwościami użytkowymi. Zgłoszone w recenzji uwagi mają charakter doprecyzowujący i porządkujący (m.in. w zakresie redakcyjnego ujednoznacznienia wybranych opisów oraz ostrożniejszego formułowania części wniosków aplikacyjnych) i nie podważają zasadniczej wartości naukowej rozprawy.

prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Ewa Olędzka

- 7 -

Dysertacja spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ust. 1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) i wnoszę do **Senatu Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku** o **nadanie Panu mgr. farm. Adamowi Chyżemu stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki farmaceutyczne.**