



**WYDZIAŁ
CHEMICZNY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



Samorząd Studencki
Politechniki Rzeszowskiej



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

POSTER MASTER

KSIĘGA PLAKATÓW
ROK AKADEMICKI 2025/2026

Księga Plakatów **POSTERMASTER 2026** zawiera postery przygotowane na
VI Dyplomową Sesję Plakatową
dedykowaną studentom II roku studiów II stopnia,
którzy w roku akademickim 2025/2026
realizowali prace magisterskie na
Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej



**POSTER
MASTER**

Gremia oceniające:

- ✓ Komisja Konkursowa
- ✓ Studenci II roku studiów II stopnia Wydziału Chemicznego

Ocenie poddane zostają następujące aspekty prac:

- ✓ wartość naukową oraz oryginalności rozwiązań
- ✓ praktyczny aspekt proponowanych rozwiązań
- ✓ sposób prezentacji wyników badań

Komisja Konkursowa:

1. dr hab. Aleksandra Bocian, prof. PRz
2. dr hab. inż. Maciej Kisiel, prof. PRz
3. dr inż. Andrzej Łyskowski
4. dr inż. Dorota Naróg
5. prof. dr hab. inż. Mariusz Oleksy
6. dr hab. inż. Marek Potoczek, prof. PRz
7. dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz
8. Regina Gnatek FHU Ainer, Ruda Łańcucka
9. Paweł Kuryło OLIMP Laboratories Sp. z o.o., Nagawczyna
10. Aneta Raś Zakłady Farmaceutyczne POLPHARMA SA, Nowa Dęba
11. Janusz Rogulski QEMETICA Agricultural Solutions Poland S.A., Nowa Sarzyna
12. Henryk Majcherczyk, SPLAST Sp. z o.o., Jedlicze

Komitety Organizacyjny:

1. dr inż. Anna Kuźniar, prof. PRz – przewodnicząca
2. mgr inż. Małgorzata Gabryel-Raus – sekretarz
3. dr inż. Karol Hęclik
4. Jakub Czechowicz (student)

The logo consists of a white double-line rectangular border enclosing an orange square. Inside the square, the word "POSTER" is written in white, uppercase, sans-serif font. Below it, the word "MASTER" is written in a larger, white, uppercase, sans-serif font. The letter "P" in "MASTER" is significantly larger than the other letters and overlaps with the "O" in "POSTER".

**POSTER
MASTER**

Spis posterów

1. mgr inż. Agata Dudek – Ocena potencjału oksydacyjnego ekstraktów *Gypsophila paniculata* oraz *Cerastium biebersteinii* w keratynocytach ludzkich poddanych działaniu promieniowania UV-B; opiekun: dr Ewa Ciszkowicz
2. mgr inż. Anastasiia Liapina – Przeciwnowotworowy potencjał glicydylowanych dendrymerów PAMAM G4 podstawionych biotyną i/lub rozuwastatyną wobec komórek raka wątroby HepG2 z nokautem genu białka SMVT; opiekun: dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz
3. mgr inż. Izabela Maciejczyk – Skuteczność rozuwastatyny oraz jej biotynylowanych koniugatów z dendrymerami PAMAM w niszczeniu komórek linii HepG2/1D3 z nokautem SLC5A6; opiekun: dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz
4. inż. Kinga Macior – Optymalizacja procesu strącania nanociał z mieszaniny pochodowlanej; opiekun: dr inż. Michał Kołodziej
5. mgr inż. Katarzyna Noga – Zaawansowane sieci polimerowe z nowym ciekłokrystalicznym monomerem epoksydowym; opiekun: dr hab. inż. Maciej Kisiel, prof. PRz
6. inż. Daniel Ochyra – Prekursory z grupą fotoaktywną do wytwarzania materiałów inteligentnych o potencjalnym zastosowaniu w farmacji, technologiach hi-tech i biotechnologii; opiekun: dr hab. inż. Beata Mossety-Leszczak, prof. PRz
7. mgr inż. Martyna Sarama – Aktywność glicydylowanych i/lub biotynylowanych dendrymerów PAMAM generacji czwartej jako nośników rozuwastatyny wobec komórek raka wątrobowokomórkowego linii HEPG2; opiekun: dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz
8. inż. Faustyna Stopyra – Charakterystyka elektrochemiczna makroinicjatorów ATRP w kontekście ich wpływu na wartość stałej szybkości aktywacji uśpionych centrów polimeryzacji; opiekun: prof. dr hab. inż. Paweł Chmielarz

**POSTER
MASTER**

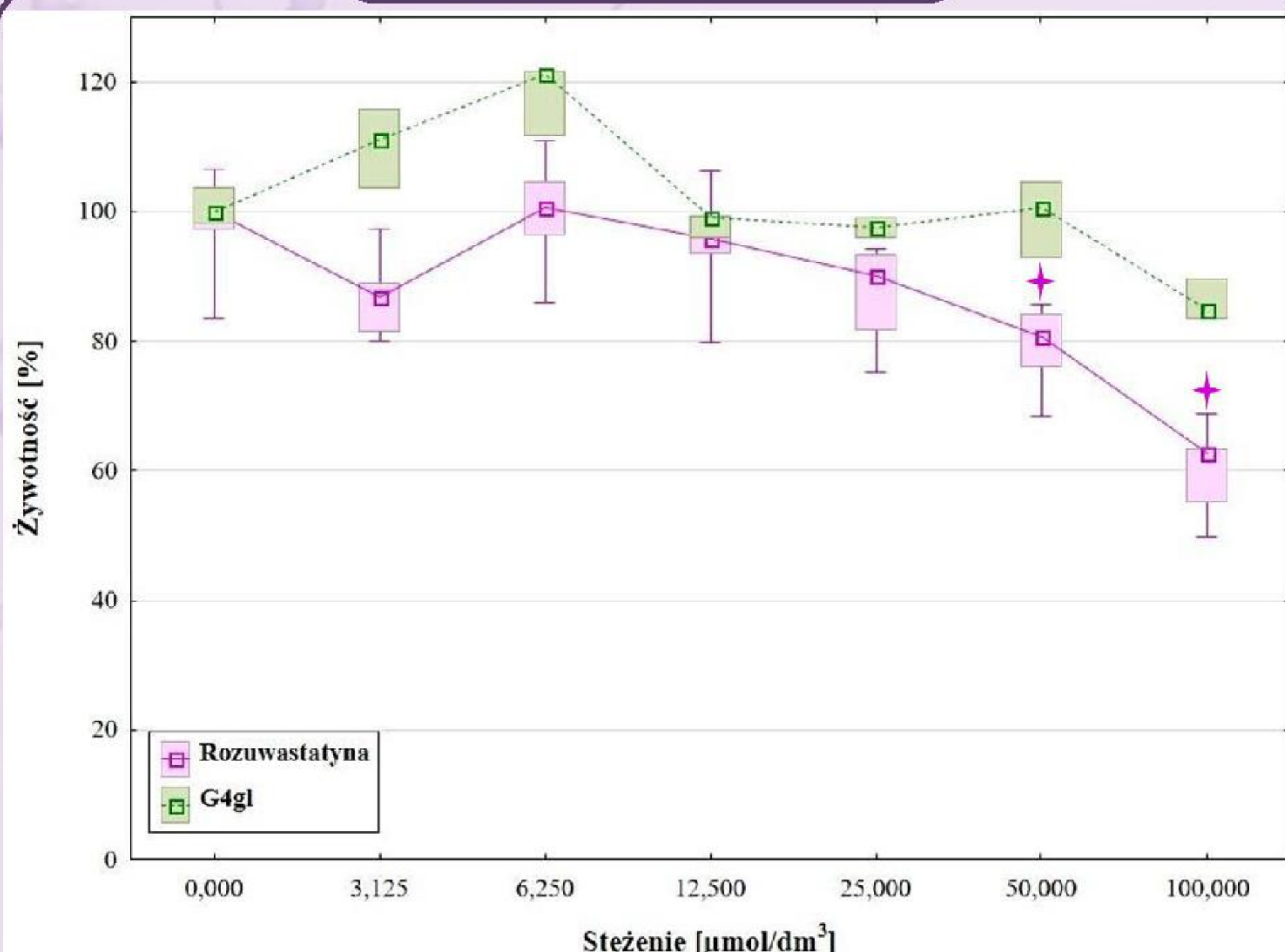
[illegible]

Przeciwnowotworowy potencjał glicydylowanych dendrymerów PAMAM G4 podstawionych biotyną i/lub rozuwastatyną wobec komórek raka wątroby HepG2 z nokautem genu białka SMVT

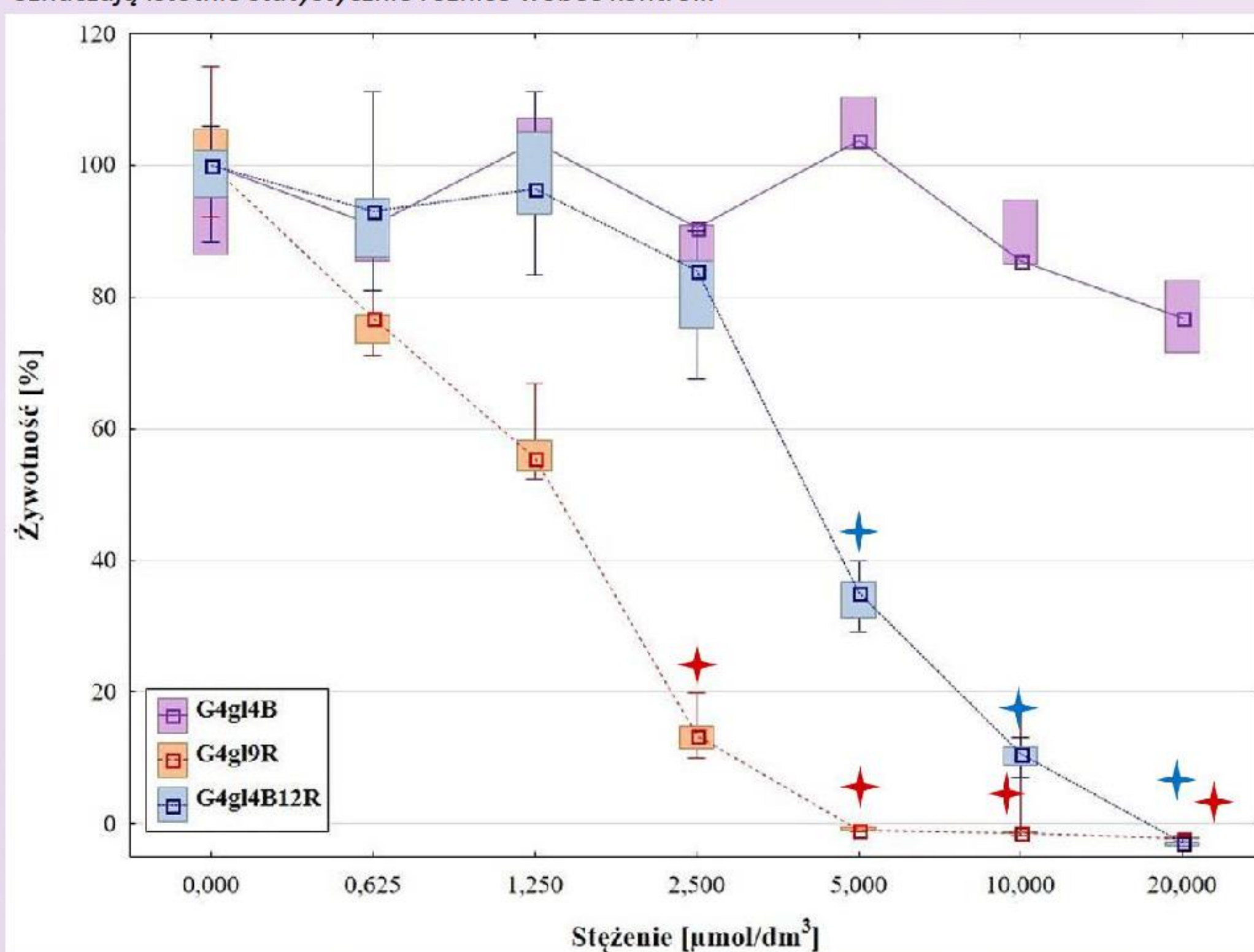
Cel badań

Niniejsza praca ma na celu ocenę i porównanie skuteczności przeciwnowotworowej rozuwastatyny oraz jej nowo zsyntezowanych, glicydylowanych i/lub biotynyloowanych koniugatów z dendrymerami PAMAM na modelu nowotworowych komórek linii HepG2 z nokautem SMVT (ang. Sodium-dependent Multivitamin Transporter). Bardzo ważną kwestią będzie próba rozstrzygnięcia, czy skuteczność rozuwastatyny przyłączonej do biotynylowanego nośnika dendrymerowego będzie silniejsza w komórkach z ekspresją receptorów SMVT.

Analiza wyników



Ryc. 1. Żywotność komórek linii HepG2/1G2 poddanych rosnącym stężeniom rozuwastatyny oraz G4gl oszacowana po 48 godzinnej inkubacji z wykorzystaniem testu z czerwieni obojętną. Znaczniki oznaczają mediany wyrażone jako % względem kontroli (kontrolę traktowaną równoważną dawką DMSO przyjęto jako 100%). Wąsy oznaczają kwartyl górny i dolny. Gwiazdki oznaczają istotnie statystycznie różnice wobec kontroli.



Ryc. 2. Żywotność komórek linii HepG2/1G2 traktowanych rosnącymi stężeniami dla G4gl4B, G4gl9R oraz G4gl4B12R oszacowana po 48-godzinnej inkubacji z wykorzystaniem testu z czerwieni obojętną. Znaczniki oznaczają mediany wyrażone jako % względem kontroli (kontrolę traktowaną równoważną dawką DMSO przyjęto jako 100%). Wąsy oznaczają kwartyl górny i dolny. Gwiazdki oznaczają istotnie statystycznie różnice wobec kontroli.

Istotny statystycznie efekt dla wolnej **rozuwastatyny** zaobserwowano w stężeniu **50 μM** . Natomiast koniugaty **G4gl9R** i **G4gl4B12R** wykazały silniejszą aktywność już w stężeniach **2,5 μM** i **5 μM** , odpowiadających **22,5 μM** oraz **60 μM** wolnej rozuwastatyny.

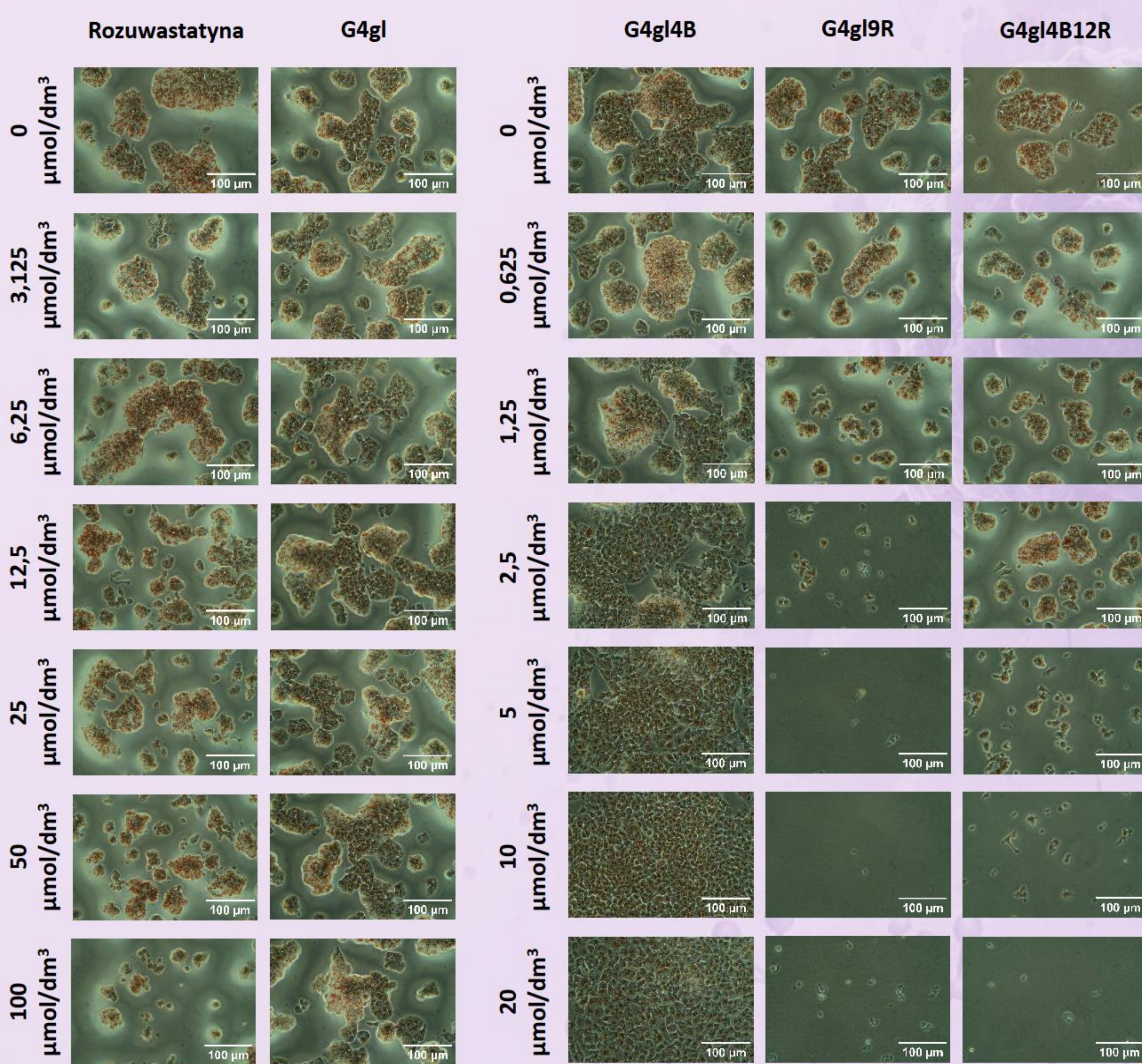
Wprowadzenie

Nowotwory należą do najczęstszych przyczyn zgonów na świecie, a ich liczba stale wzrasta wraz ze starzeniem się społeczeństwa. Szczególnie niebezpieczny jest rak wątroby, który często rozwija się bezobjawowo i jest wykrywany dopiero w zaawansowanym stadium, co znacząco ogranicza skuteczność leczenia. Z tego względu poszukuje się nowych strategii terapeutycznych, obejmujących zarówno repozycjonowanie znanych leków, jak i nowoczesne systemy ich celowanego dostarczenia. Rozuwastatyna, należąca do grupy statyn, wykazuje obiecujące właściwości przeciwnowotworowe. Jednocześnie dendrymery zyskują coraz większe znaczenie jako nanoonośniki leków dzięki możliwości przyłączania wielu cząsteczek bioaktywnych oraz ograniczania ich toksyczności i działań niepożądanych.

Biotyna jest atrakcyjnym ligandem wykorzystywanym w systemach celowanego dostarczenia leków, ponieważ wiele komórek nowotworowych wykazuje zwiększoną ekspresję transportera multiwitaminowego SMVT (Sodium-Dependent Multivitamin Transporter), odpowiedzialnego za jej wychwyt. Nadekspresja tego transportera sprzyja selektywnemu pobieraniu biotynyloowanych nanocząstek przez komórki nowotworowe.

W niniejszej pracy wykorzystano linię komórek raka wątrobowokomórkowego HepG2 oraz jej genetycznie zmodyfikowany odpowiednik HepG2/1G2 z nokautem transportera SMVT. Model ten pozwolił ocenić znaczenie transportera SMVT w pobieraniu biotynyloowanych dendrymerowych koniugatów rozuwastatyny oraz ich potencjalnej aktywności przeciwnowotworowej.

Obrazy mikroskopowe



Ryc. 3. Obrazy mikroskopowe komórek linii HepG2/1G2 po 48-godzinnej inkubacji z rozuwastatyną, G4gl, G4gl4B, G4gl9R oraz G4gl4B12R po barwieniu przeżyciowym z czerwieni obojętną w odpowiednich stężeniach.

Po zastosowaniu rozuwastatyny, G4gl9R oraz G4gl4B12R żywotność komórek malała wraz ze wzrostem stężenia użytych związków. Morfologia komórek nie uległa istotnym zmianom, jednak komórki stały się bardziej rozproszone, tworzyły mniejsze skupiska, stopniowo traciły kontakt z podłożem hodowlanym oraz obumierały. Z kolei po zastosowaniu G4gl oraz G4gl4B liczba komórek nie tylko nie zmniejszyła się, ale miejscami była większa niż w próbie kontrolnej. Komórki zachowywały prawidłową morfologię, utrzymywały kontakt z podłożem oraz tworzyły liczne skupiska.

Wnioski

Podsumowując, przeprowadzone badania wykazały, że połączenie rozuwastatyny z dendrymerami PAMAM znacząco zwiększa jej skuteczność przeciwnowotworową względem wolnej postaci leku. Najsilniejsze działanie cytotoksyczne wykazywał koniugat G4gl9R, który powodował niemal całkowity spadek żywotności komórek już w niskich stężeniach.

Sam glicydylowany dendrymer PAMAM G4gl oraz jego biotynylowana forma G4gl4B nie wykazywały wyraźnego działania przeciwnowotworowego, co może świadczyć o wysokiej biogodności zastosowanych nośników.

Biotynylacja dendrymerów może wpływać na zmniejszenie przeciwnowotworowej skuteczności skoniugowanej z konstruktem dendrymerowym rozuwastatyny. Może to być związane z obecnością biotyny, która według danych literaturowych może wpływać na procesy proliferacyjne oraz zwiększać przeżywalność komórek.

Autor: inż. Izabela Maciejczyk
Kierunek studiów: Biotechnologia

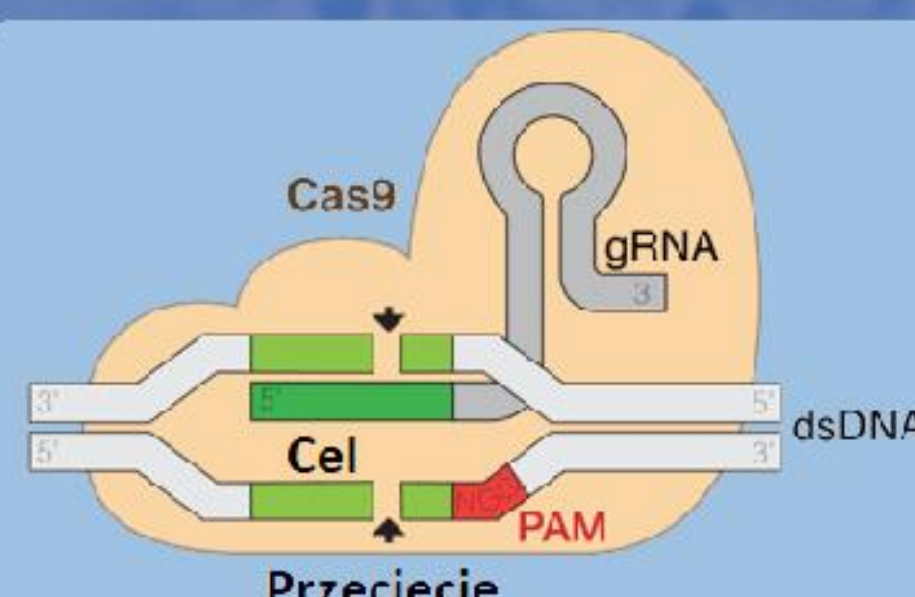
Promotor: dr hab. Łukasz Uram, prof. PRz
Rok akademicki: 2025/2026

WPROWADZENIE

W badaniach wykorzystano dendrymery PAMAM jako nowoczesne nanonośniki poprawiające rozpuszczalność i stabilność leków. Aby umożliwić terapię celowaną, ich powierzchnię poddano biotynylacji, co zwiększa selektywny wychwyt przez komórki nowotworowe w założeniu poprzez transporter SMVT (gen SLC5A6) i endocytozę. Jako substancję aktywną zastosowano rozuwastatynę – lek hipolipemizujący, który ze względu na swoje działanie pleiotropowe (wpływ na stres oksydacyjny, proliferację i procesy zapalne) wykazuje obiecujący potencjał

CEL

Zbadanie toksyczności rozuwastatyny, jej nośników dendrymerowych oraz koniugatów wobec komórek HepG2/1D3. Oceniono ich potencjał przeciwnowotworowy oraz wpływ na morfologię komórek z nokautem genu SLC5A6.

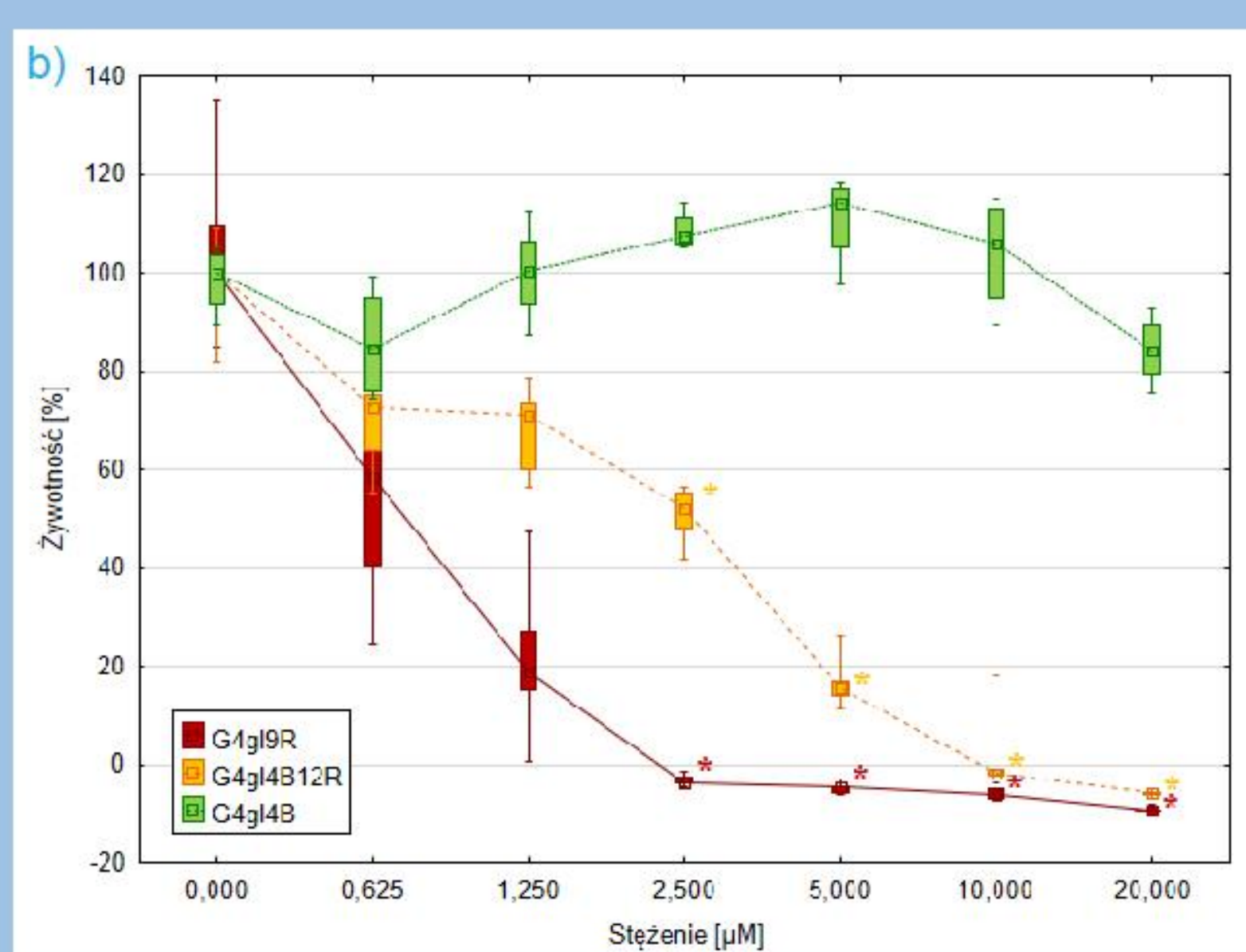
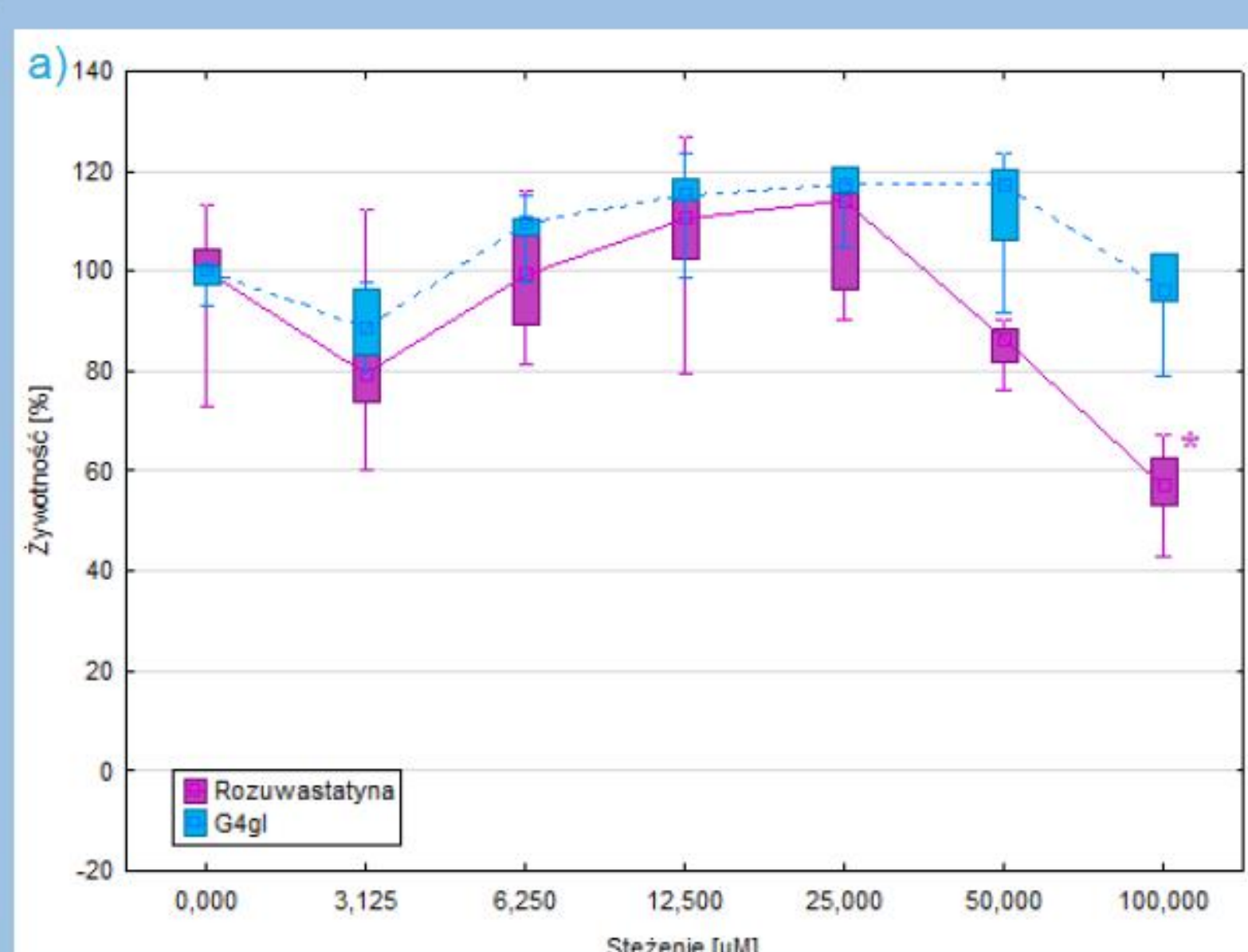


Schemat działania metody CRISPR-Cas9, której użyto do przeprowadzenia nokautu genu SLC5A6.

METODYKA



ŻYWOTNOŚĆ



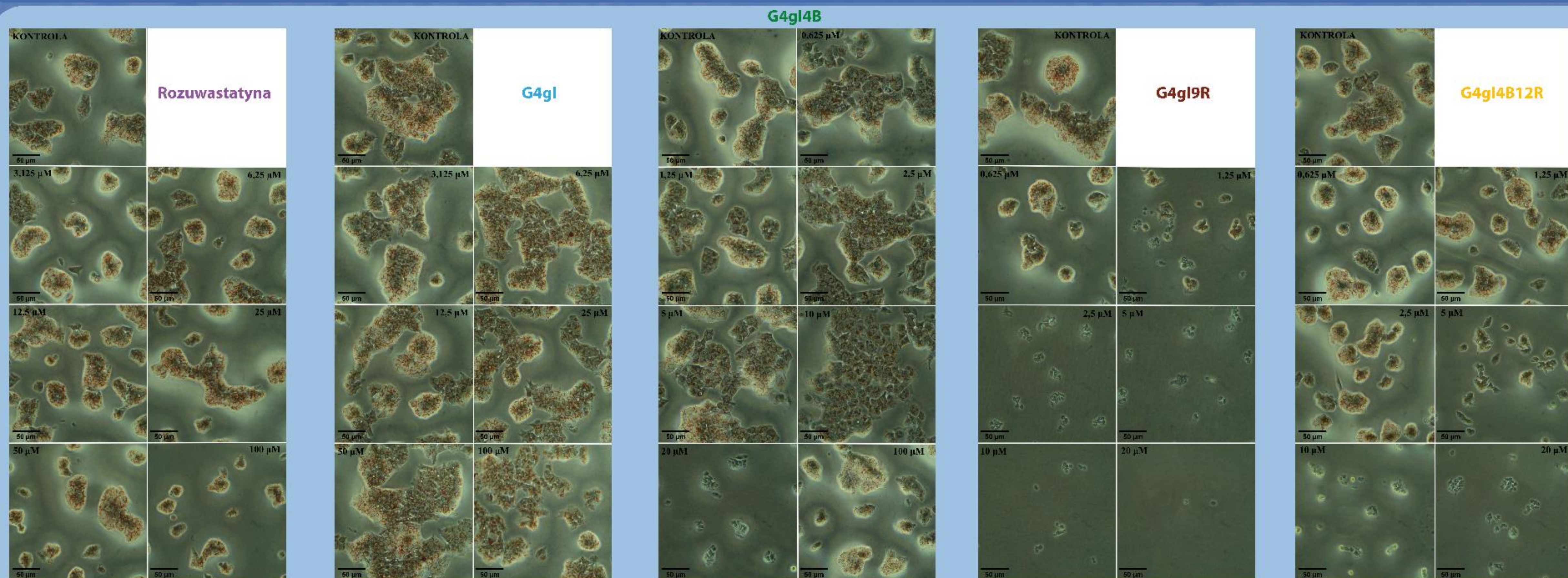
Toksyczność rozuwastatyny zawartej w biotynylowanych i niebiotynylowanych dendrymerach PAMAM wobec komórek HepG2/1D3: a) stężenie rozuwastatyny i dendrymeru PAMAM (G4gl), b) stężenie dendrymerów PAMAM skoniugowanych z rozuwastatyną (G4gl9R), biotynylowanych dendrymerów PAMAM (G4gl4B) oraz biotynylowanych dendrymerów PAMAM skoniugowanych z rozuwastatyną (G4gl4B12R). Gwiazdki oznaczają istotny spadek żywotności ustalony za pomocą testu Kruskala-Wallis (p<0,05).

WNIOSKI

Rozuwastatyna wykazywała toksyczność jedynie w stężeniu 100 µM, dendrymery PAMAM skoniugowane z rozuwastatyną i biotynylowane dendrymery PAMAM skoniugowane z rozuwastatyną w stężeniach 2,5 µM, 5 µM, 10 µM, 20 µM.

Koniugaty z rozuwastatyną stanowią obiecujący czynnik terapeutyczny dla chorób nowotworowych.

MORFOLOGIA



G4gl- glicydylowane dendrymery PAMAM, G4gl4B- biotynylowane dendrymery PAMAM, G4gl9R- dendrymery PAMAM skoniugowane z rozuwastatyną, G4gl4B12R- biotynylowane dendrymery PAMAM skoniugowane z rozuwastatyną



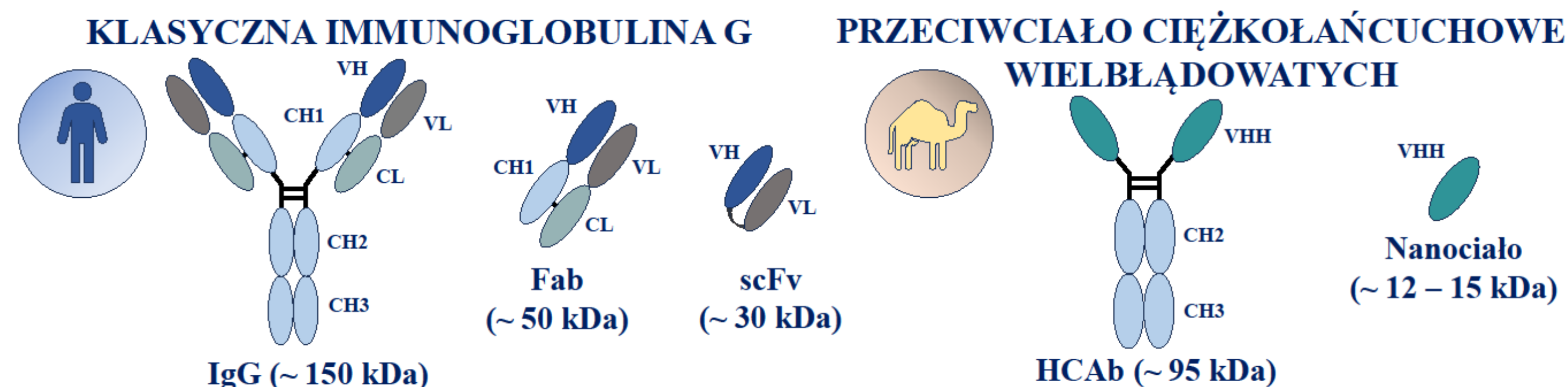
**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Autor: **inż. Kinga Macior**
Kierunek studiów: Biotechnologia
Promotor: **dr inż. Michał Kołodziej**
Rok akademicki: **2025/2026**



**WYDZIAŁ
CHEMICZNY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

OPTYMALIZACJA PROCESU STRĄCANIA NANOCIAŁ Z MIESZANINY POHODOWLANEJ



WŁAŚCIWOŚCI VHH

- Nanometryczne rozmiary
- Stabilność termiczna i chemiczna
- Wysoka swoistość
- Szybka i ekonomiczna produkcja
- Szybki klirens nerkowy
- Zdolność pokonywania BBB

SZEROKIE ZASTOSOWANIE

- Terapia nowotworowa
- Diagnostyka molekularna
- Teranostyka (RIT, PET, SPECT)
- Choroby infekcyjne
- Choroby neurodegeneracyjne
- Neutralizacja toksyn

CEL PRACY

Celem niniejszej pracy była optymalizacja procesu strącania VHH z mieszaniny pohodowlanej

PRODUKCJA

USP



OCZYSZCZANIE

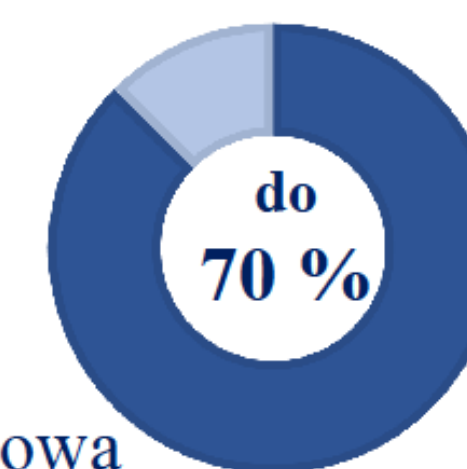
DSP



CHROMATOGRAFIA – STANDARD W PRZEMYŚLE

✓ Gwarantuje wysoką czystość i powtarzalność

✗ Bardzo kosztowna, czasochłonna i wieloetapowa



Etapy oczyszczania generują nawet do 70 % kosztów produkcji biofarmaceutyków

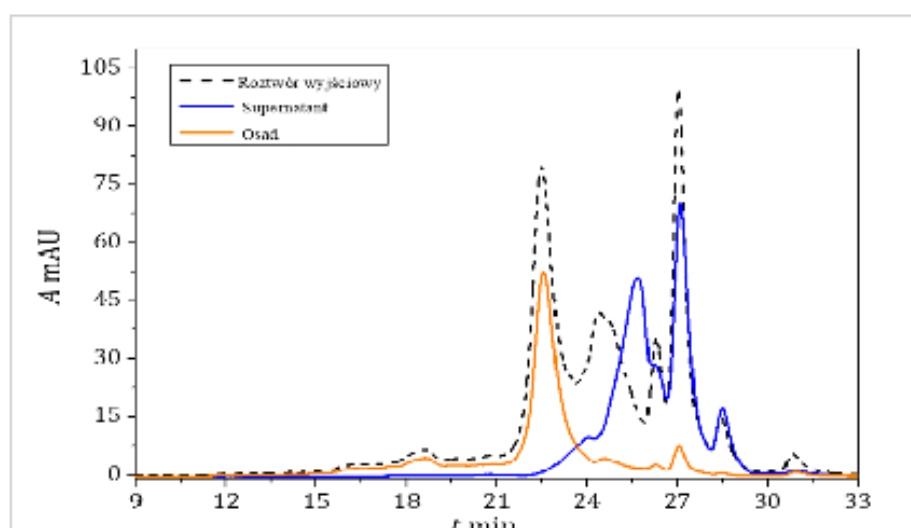
POTRZEBA TAŃSZEJ ALTERNATYWY

ABC

Anything But Chromatography

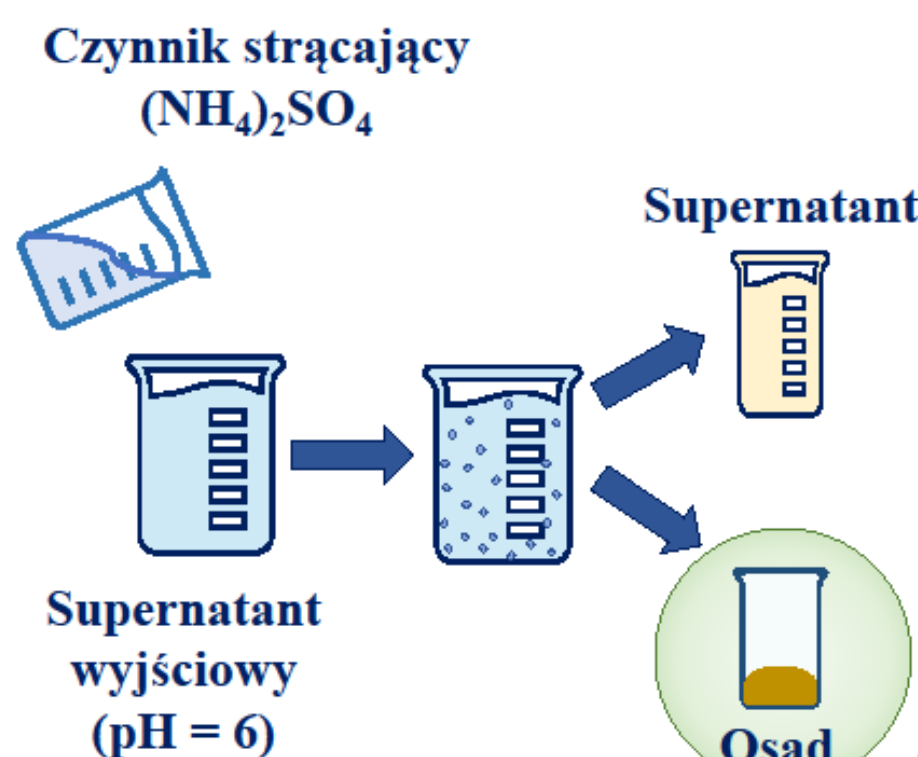
Strącanie to tańsza i łatwiejsza w skalowaniu metoda oczyszczania

PROCES STRĄCANIA PRZED OPTYMALIZACJĄ



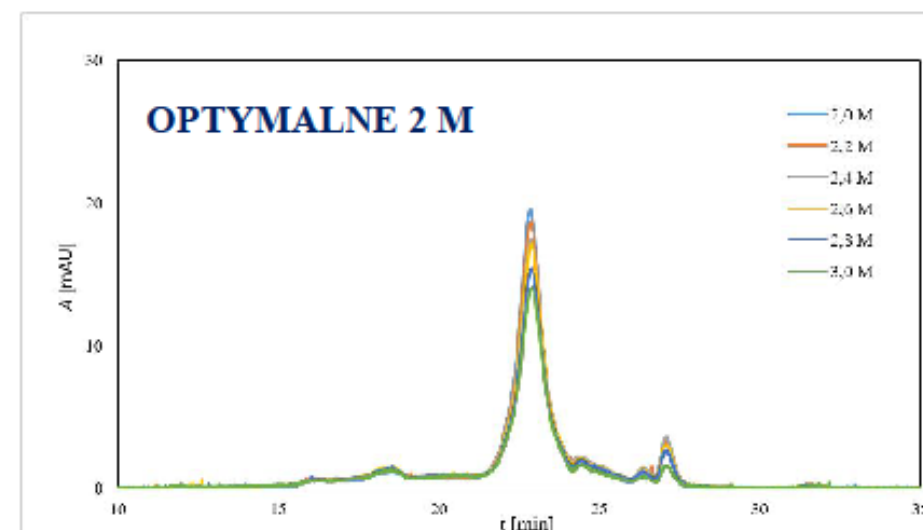
CZYSTOŚĆ: 65 %
WYDAJNOŚĆ: 75 %

METODYKA

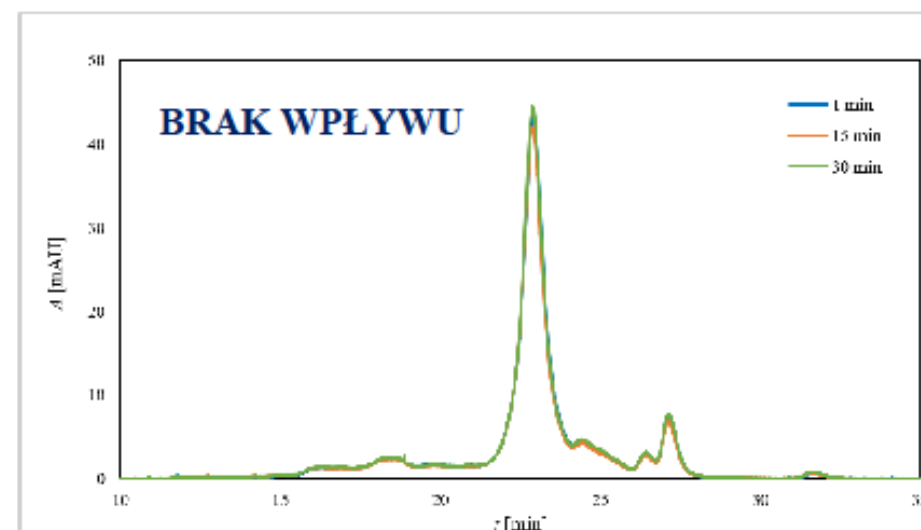


ANALIZA WPŁYWU PARAMETRÓW PROCESU STRĄCANIA

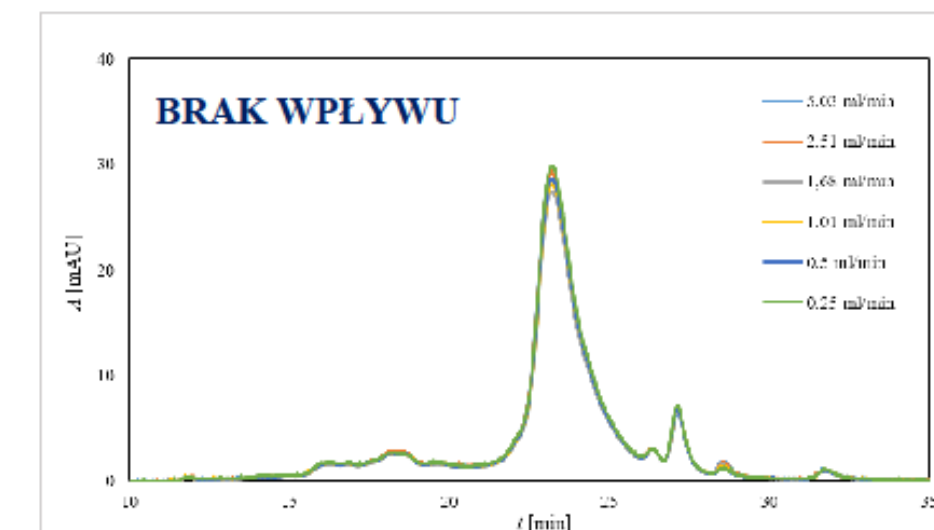
WPŁYW STĘŻENIA $(NH_4)_2SO_4$



WPŁYW CZASU PROWADZENIA PROCESU

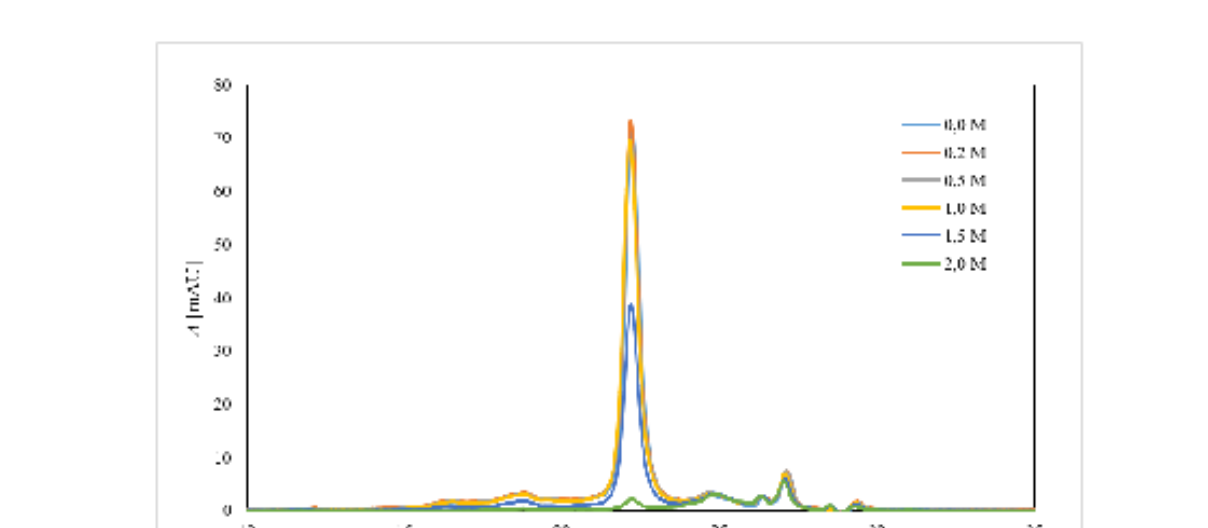


WPŁYW SZYBKOŚCI DOZOWANIA $(NH_4)_2SO_4$



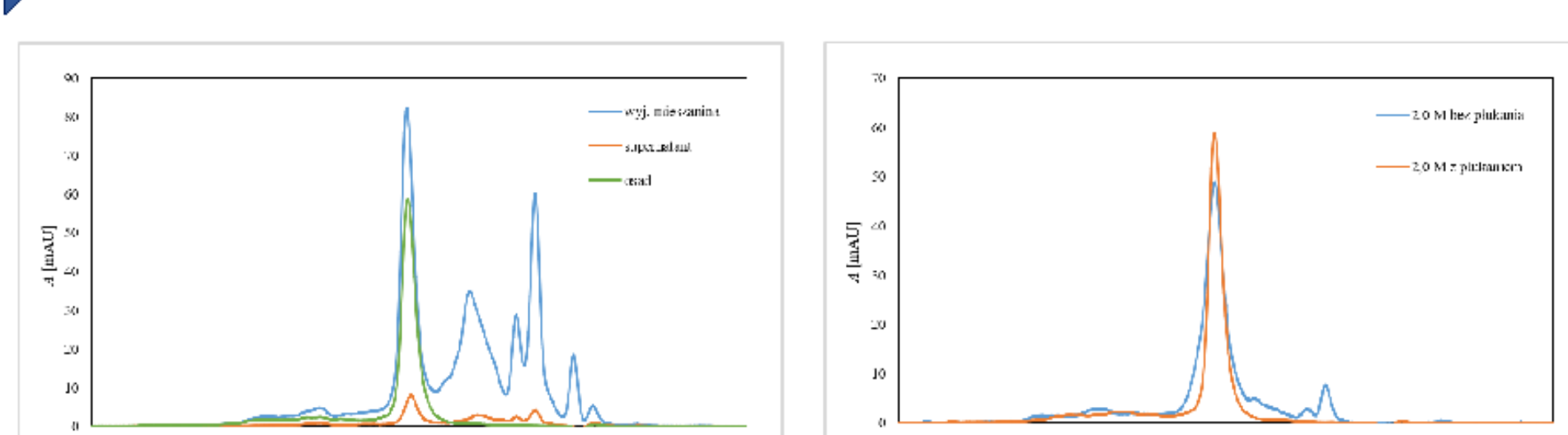
OPRACOWANY PROCES STRĄCANIA Z PŁUKANIEM OSADU

WPŁYW SIŁY JONOWEJ BUFORU NA ROZPUSZCZANIE OSADU

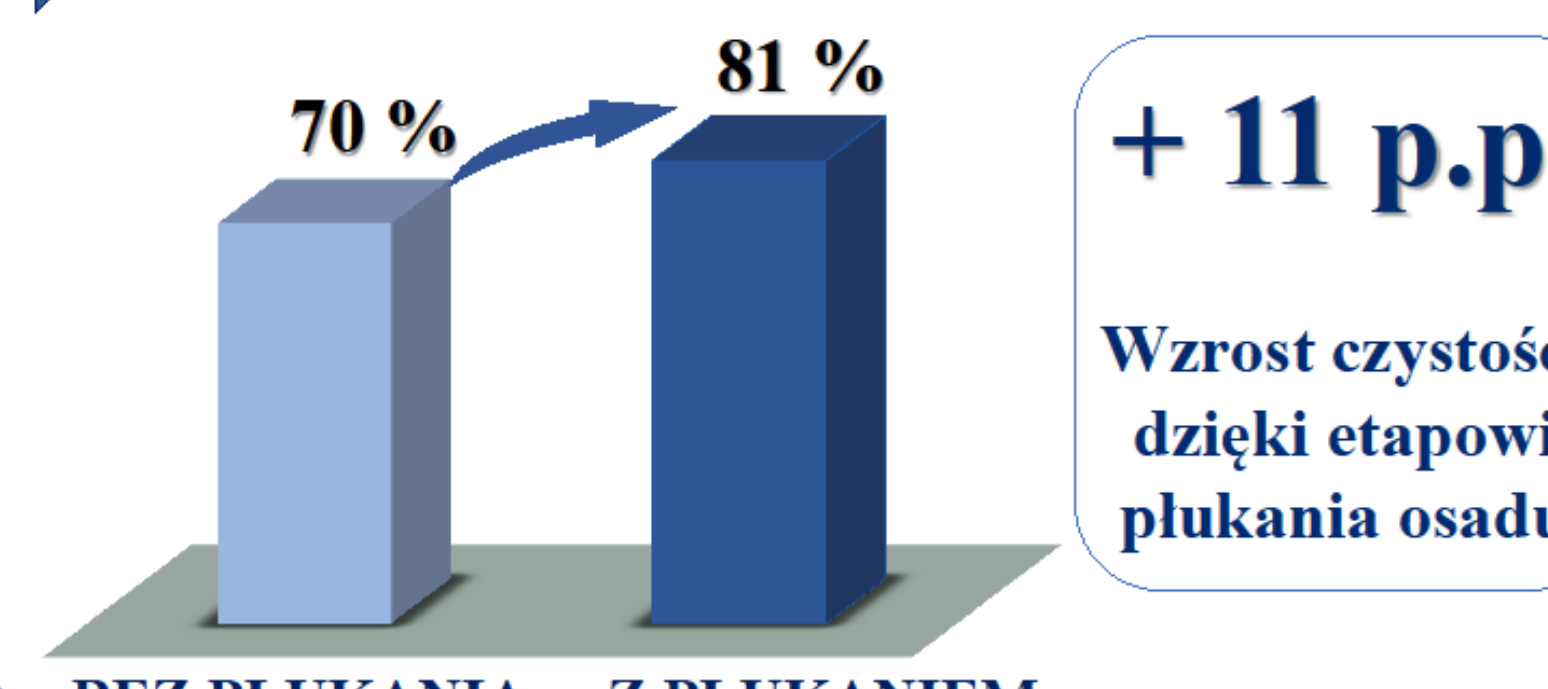


↑ SIŁA JONOWA ↓ ROZPUSZCZALNOŚĆ VHH

CHARAKTERYSTYKA OPRACOWANEGO PROCESU



WZROST CZYSTOŚCI CHROMATOGRAFICZNEJ



+ 11 p.p.

Wzrost czystości dzięki etapowi płukania osadu

PODSUMOWANIE



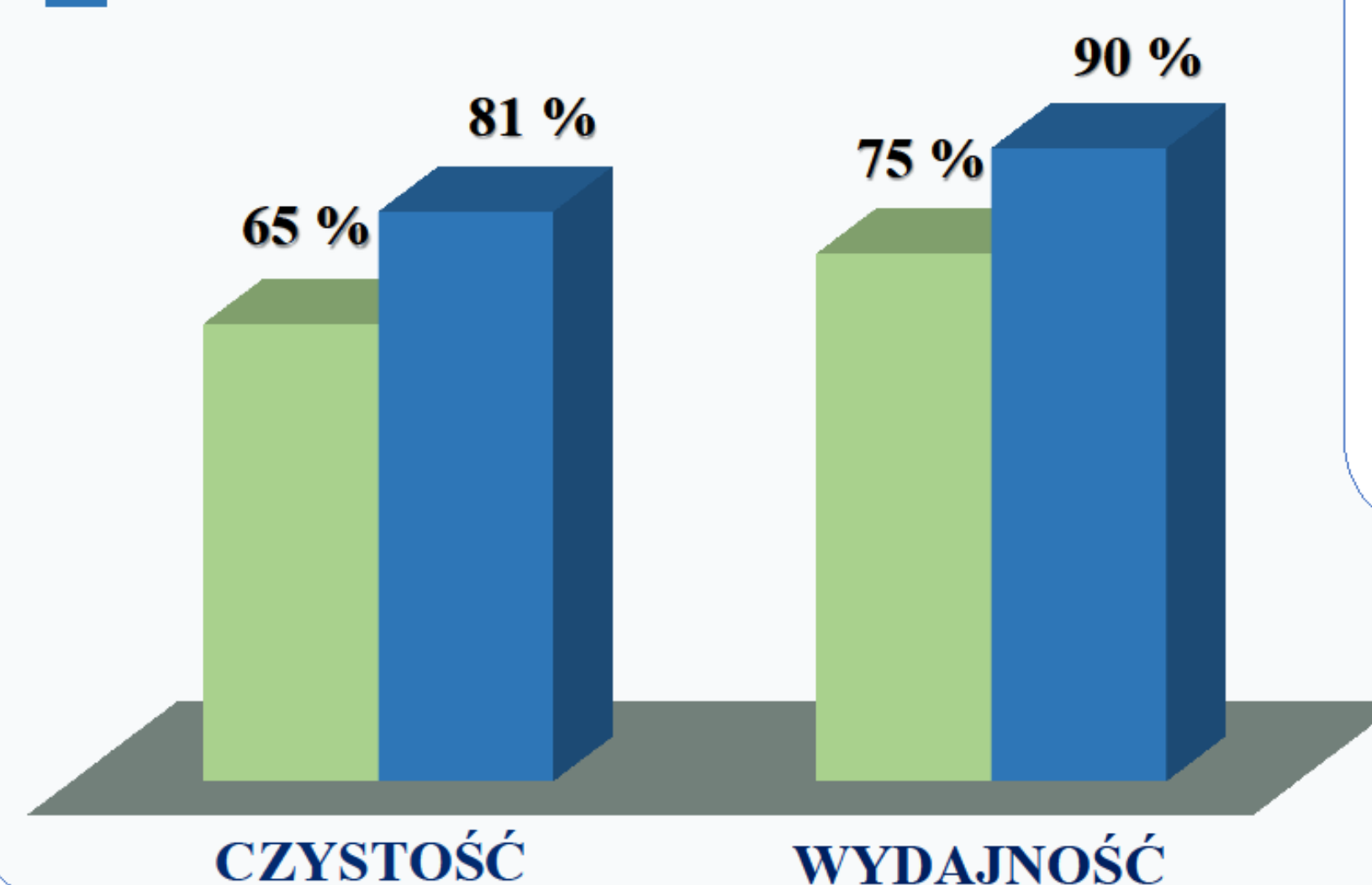
2,0 M

Optymalne stężenie siarczany(VI) amonu w procesie strącania



Selektywność strącania niezależna od czasu prowadzenia procesu i szybkości dozowania soli

PROCES PRZED OPTYMALIZACJĄ
PROCES PO OPTYMALIZACJI



Wzrost czystości chromatograficznej (65 % → 81 %) oraz wydajności (75 % → 90 %)



Płukanie osadu zwiększa czystość chromatograficzną



Proces strącania wymaga dalszej optymalizacji, aby spełniać wymagania przemysłu farmaceutycznego (GMP)



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój Umowa nr MEIN/2022/DIR/1980 na realizację projektu „Dokształcanie dydaktyczna uczelni” oferta Uczelni nr W1



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Autor: **inż. Katarzyna Noga**
Kierunek studiów: Technologia Chemiczna
Promotor: **dr hab. inż. Maciej Kisiel, prof. PRz**
Rok akademicki: **2025/2026**



**WYDZIAŁ
CHEMICZNY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

ZAAWANSOWANE SIECI POLIMEROWE Z NOWYM CIEKŁOKRYSTALICZNYM MONOMEREM EPOKSYDOWYM

CEL PRACY

Celem pracy była synteza nowej ciekłokrystalicznej żywicy epoksydowej, a następnie zbadanie procesu sieciowania oraz właściwości wytworzonych produktów.

WPROWADZENIE

Ciekłokrystaliczne żywice epoksydowe są polimerami termoutwardzalnymi, których monomery składają się najczęściej z pręcikowatej struktury mezogenicznej umiejscowionej w centrum cząsteczki, elastycznych fragmentów łączących oraz grup epoksydowych zwykle zlokalizowanych na końcach cząsteczki monomeru. Struktura mezogenu pozwala na generowanie silnych oddziaływań, co jest podstawową siłą napędową samoorganizacji ciekłokrystalicznych żywic epoksydowych. Z kolei długość łańcucha węglowego wpływa na krystaliczność polimeru. Im krótszy łańcuch, tym struktura cząsteczki jest bardziej krystaliczna. Grupy epoksydowe zapewniają wyraźną reaktywność żywicy i wyjątkową przyczepność do podłoża.

Stosując układy ciekłokrystaliczne do produkcji żywic epoksydowych można otrzymać tworzywa o bardzo ciekawych właściwościach, m.in. takich jak: anizotropia właściwości dielektrycznych, wysoki moduł zachowawczy, dobre właściwości barierowe, odporność na pękanie czy odporność chemiczna.

SYNTEZA ŻYWICY MU20

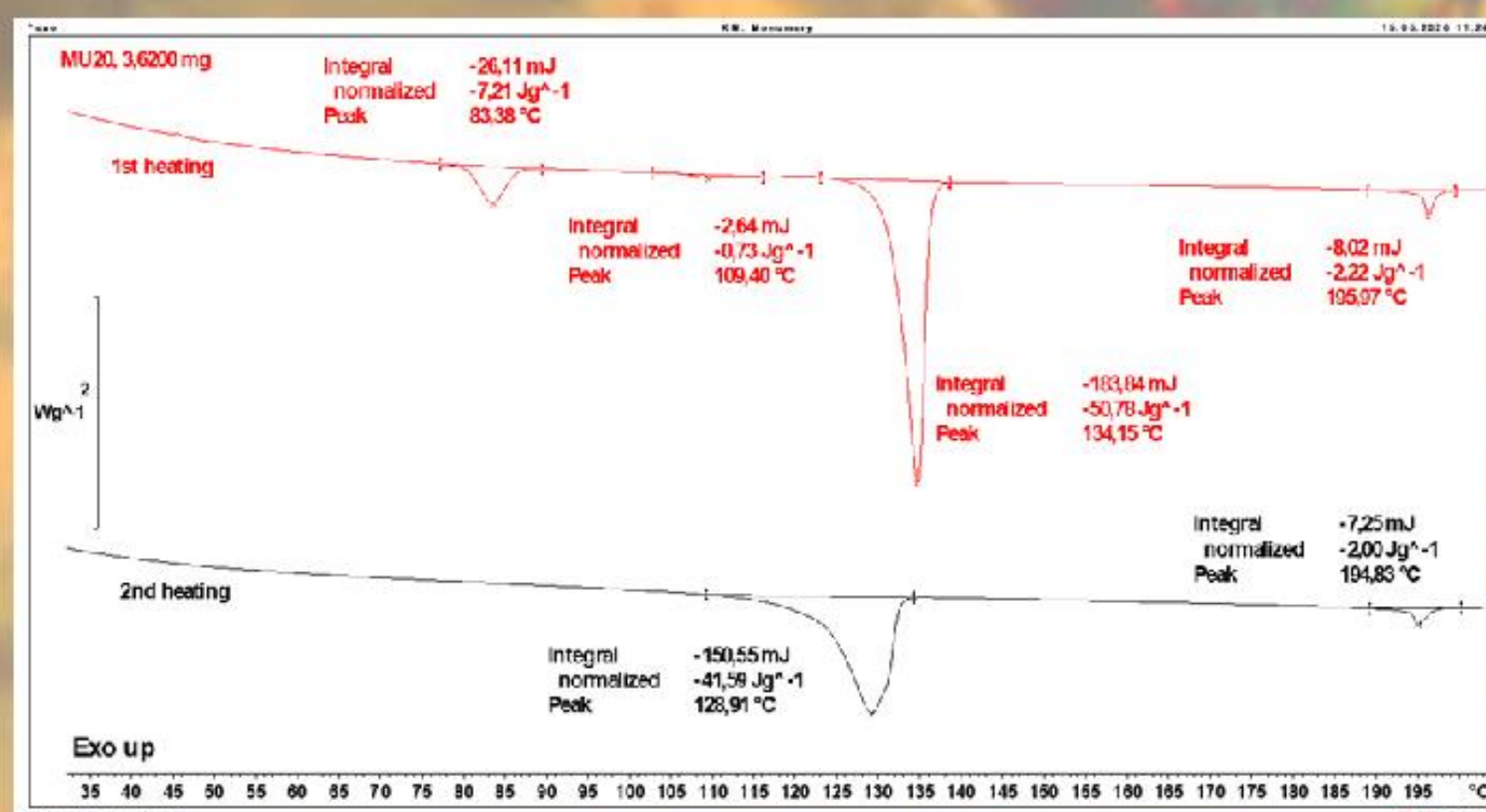
Synteza żywicy przebiegała dwuetapowo. W pierwszym etapie (Rys.1) doszło do reakcji kwasu dec-9-enowego z bis(4-hydroksybenzoesanem) *p*-fenylenu w obecności N,N'-dicykloheksylokarbodiimidu jako czynnika sprzęgającego oraz 4-(N,N-dimetyloamino)pirydyny jako katalizatora. Reakcja była prowadzona 24 h w temperaturze pokojowej, po czym zawartość kolby przesączono, gdzie w postaci osadu usunięto produkt uboczny reakcji – N,N'-dicykloheksylomocznik (DHU), a odparowując rozpuszczalnik z przesączu otrzymano produkt nazwany skrótowo M20, który poddano rekrytalizacji w celu oczyszczenia. W drugim etapie (Rys.2) M20 rozpuszczono w chlorku metylenu, a następnie partiami wprowadzano do kolby kwas *m*-chloronadbenzoesowy (MCPBA). Reakcję prowadzono przez 7 dni w temperaturze pokojowej. Po tym czasie całość przesączono, dzięki czemu oddzielono osad powstałego w reakcji kwasu *m*-chlorobenzoowego. W celu otrzymania czystego produktu przesącz poddano 3-krotnej ekstrakcji, a po odparowaniu rozpuszczalnika wykonano trzykrotnie rekrytalizację. Otrzymaną żywicę nazwano skrótowo MU20.

PRZEBIEG BADAŃ

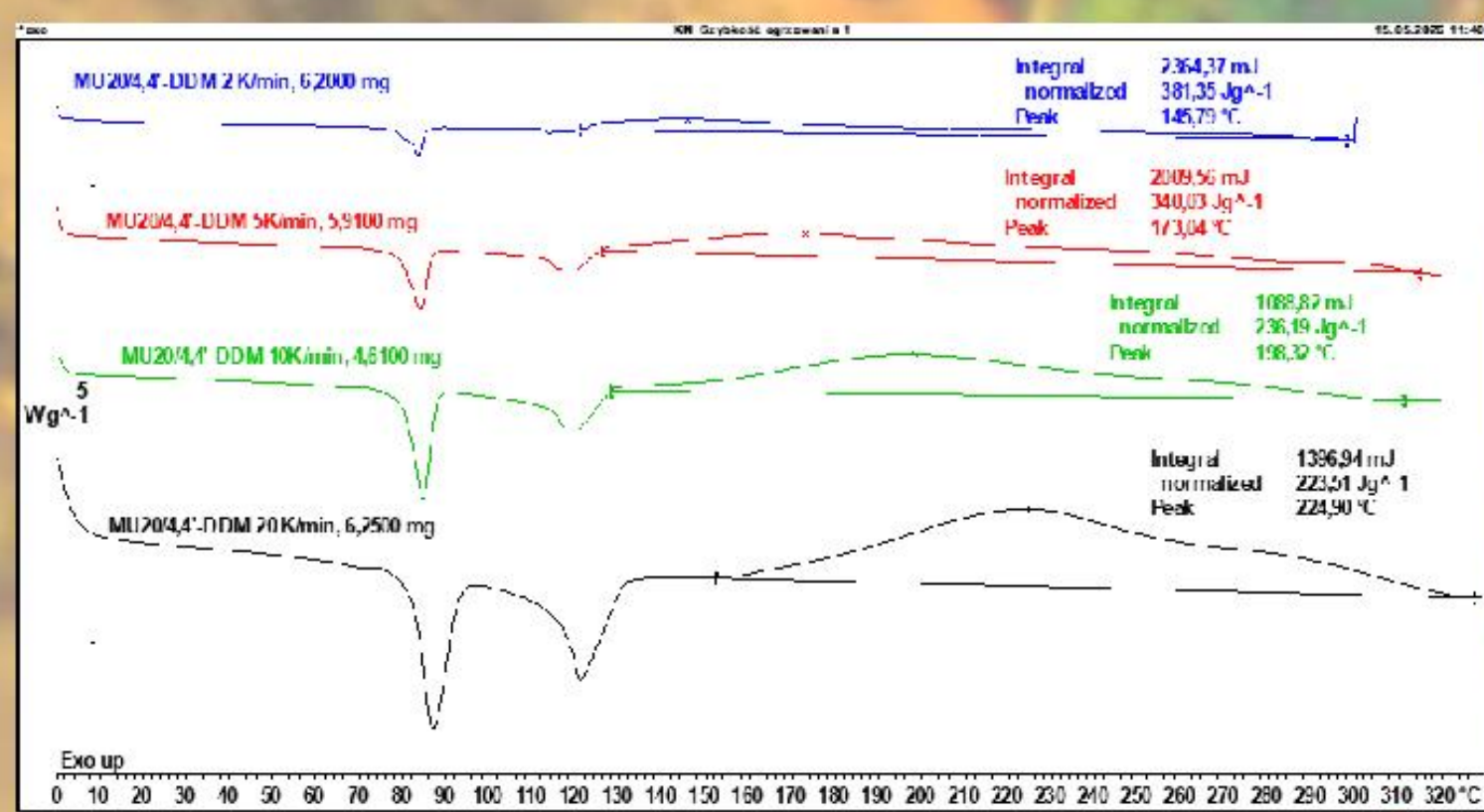
Analizie poddano zsyntezowaną żywicę MU20, jak i kompozycję żywicy z utwardzaczem – 4,4'-diaminodifenyloetanem (4,4'-DDM).

Zastosowano:

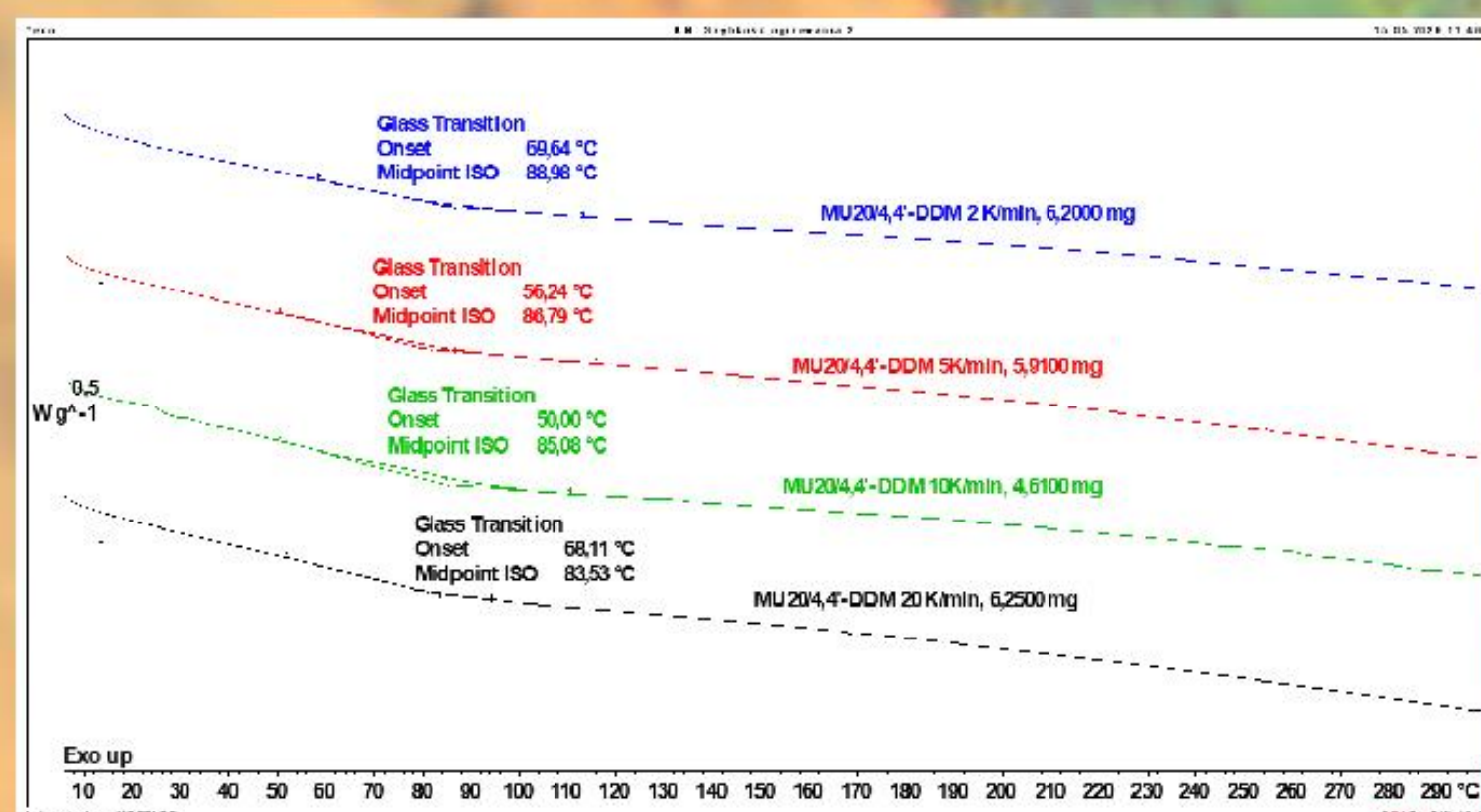
- spektroskopię $^1\text{H-NMR}$, która pozwoliła na potwierdzenie otrzymania struktury żywicy MU20,
- mikroskopię polaryzacyjną, która potwierdziła ciekłokrystaliczny charakter zsyntezowanej żywicy MU20,
- skaningową kalorymetrię różnicową, spektrometrię FTIR oraz analizę rentgenograficzną, które pozwoliły na zbadanie efektów cieplnych zachodzących podczas ogrzewania i chłodzenia próbek, scharakteryzowanie procesu sieciowania oraz właściwości wytworzonych produktów utwardzania.



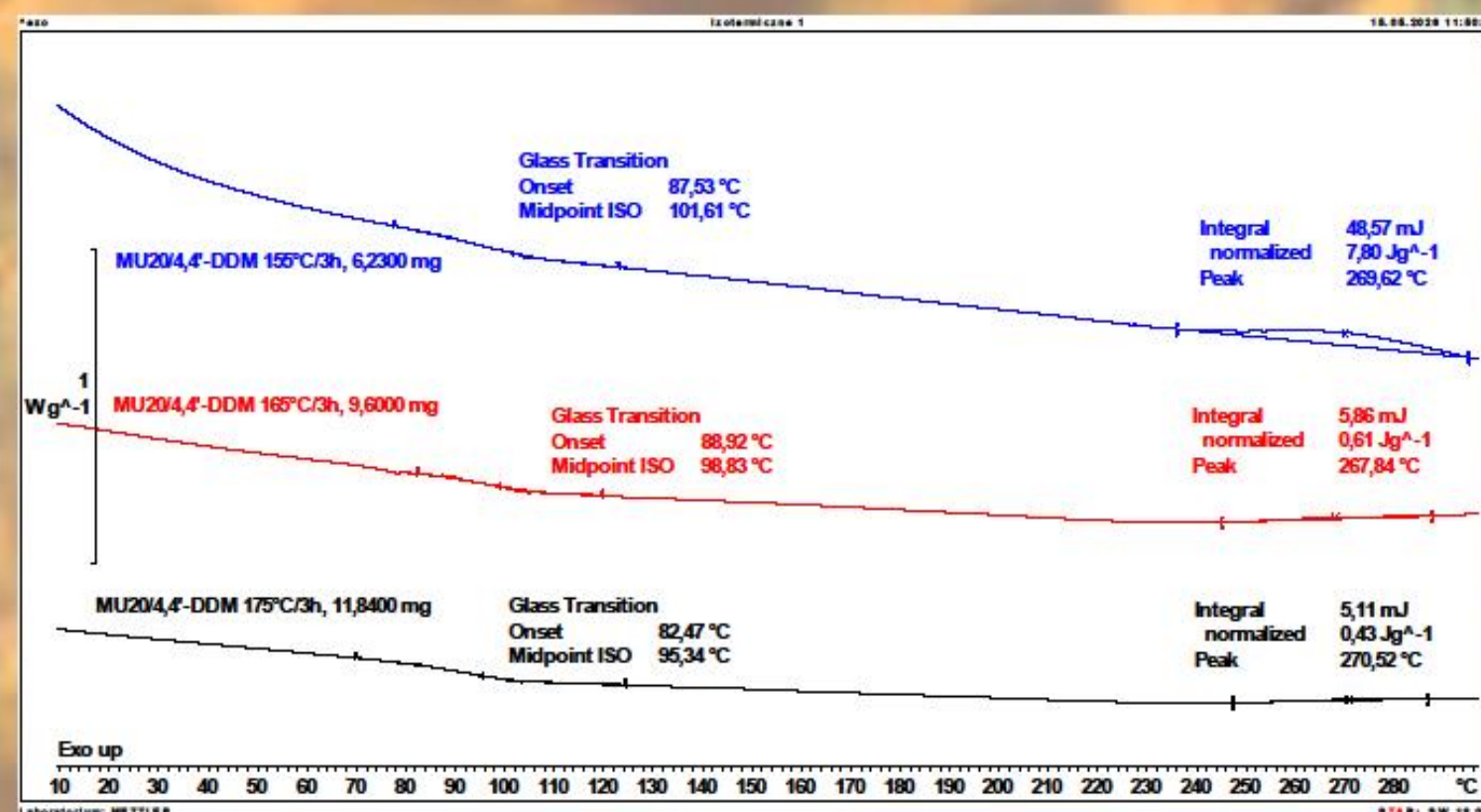
Rys.7. Termogram dla MU20.



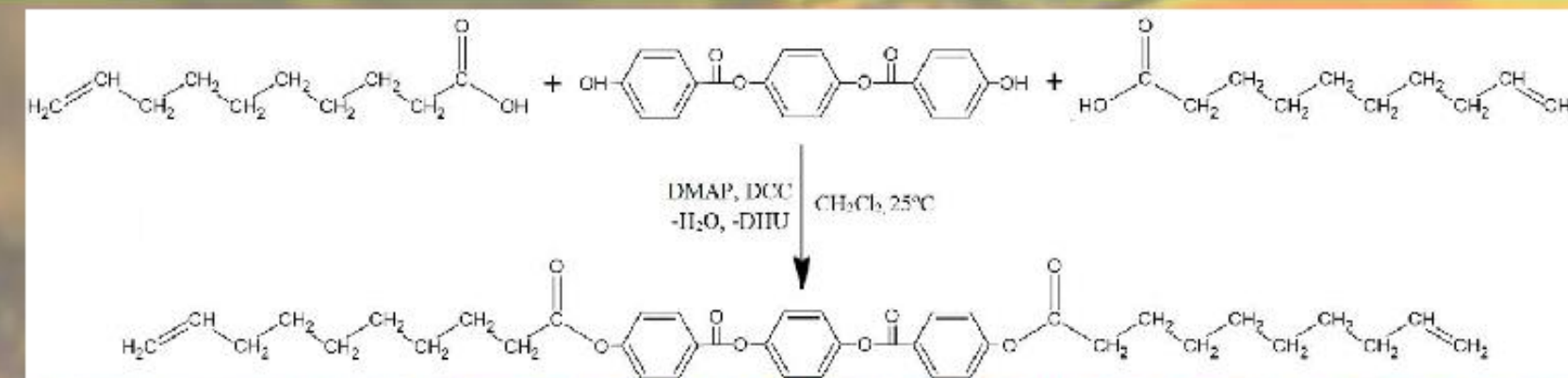
Rys.8. Utwardzanie kompozycji MU20/4,4'-DDM przy szybkości 2, 5, 10 i 20 K/min.



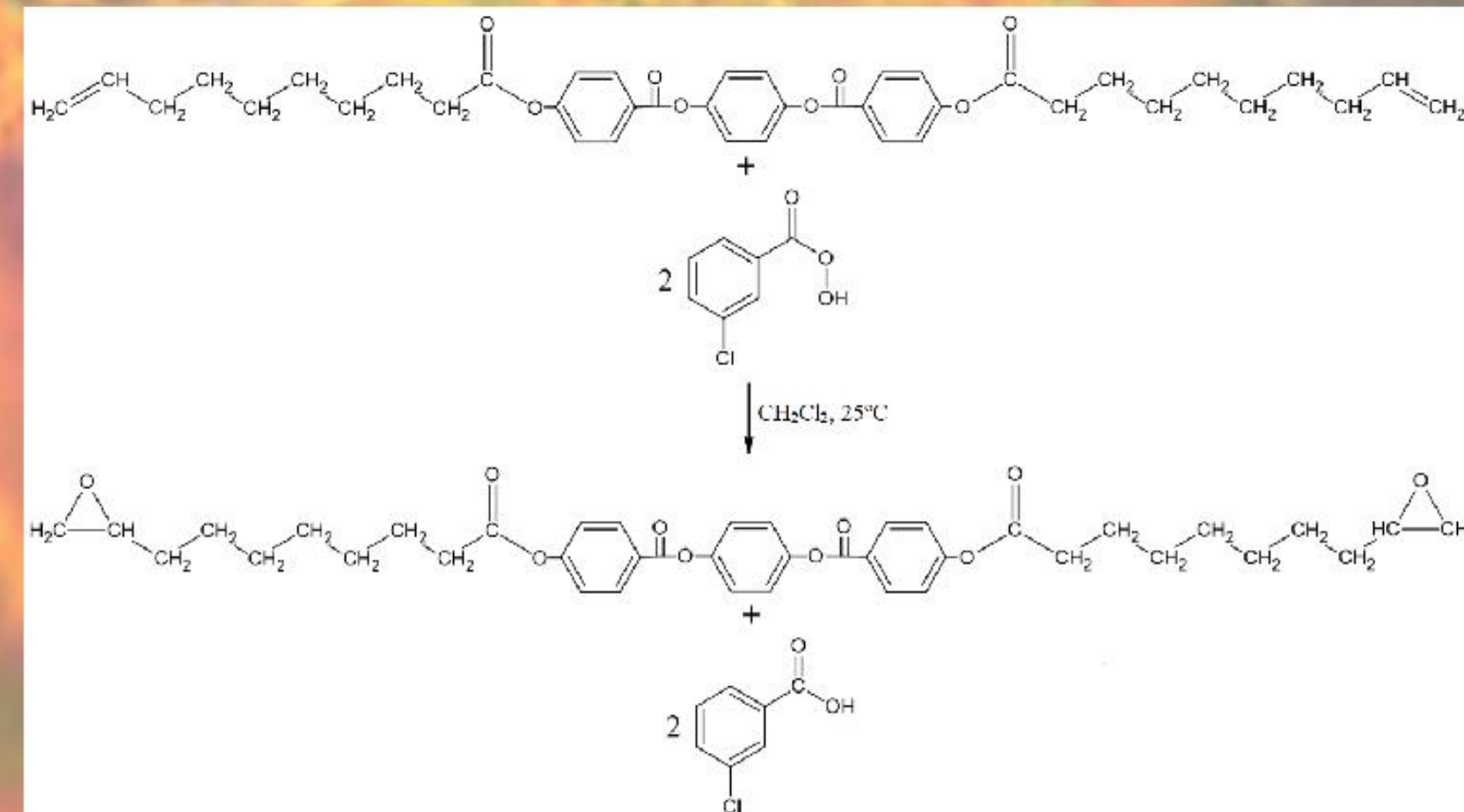
Rys.9. Temperatura zeszklenia kompozycji w zależności od szybkości procesu utwardzania.



Rys.10. Analiza DSC po utwardzaniu kompozycji MU20/4,4'-DDM w temperaturach: 155, 165 i 175°C.



Rys.1. Schemat reakcji otrzymywania bis[4-(dec-9-eniloxy)benzoesanu] *p*-fenylenu (M20).



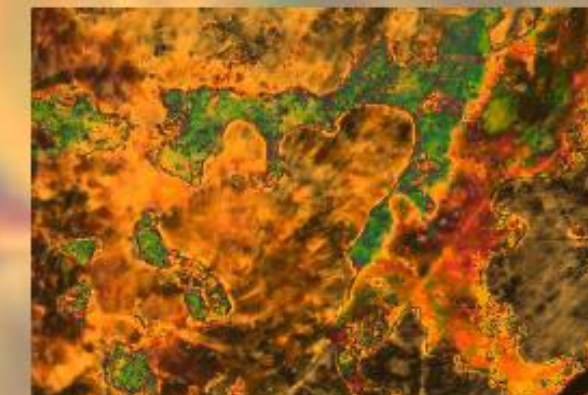
Rys.2. Schemat reakcji otrzymywania bis[4-(9,10-epoksydekanoiloxy)benzoesanu] *p*-fenylenu (MU20).



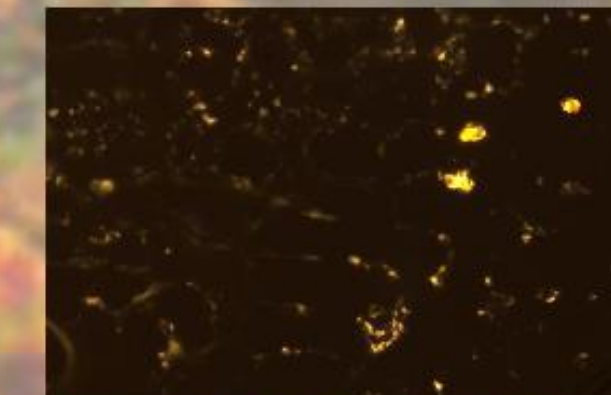
Rys.3. MU20 w temperaturze 85°C.



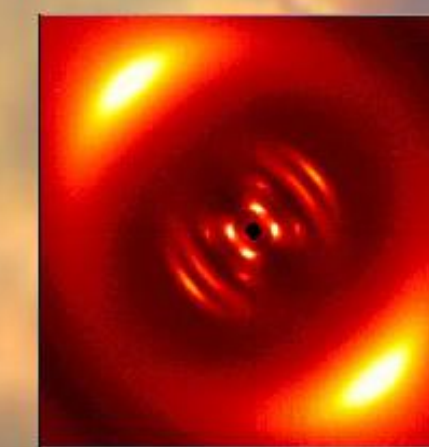
Rys.4. MU20 w temperaturze 138°C.



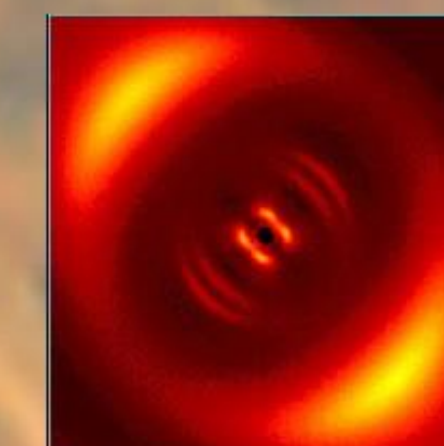
Rys.5. MU20 w temperaturze 192°C.



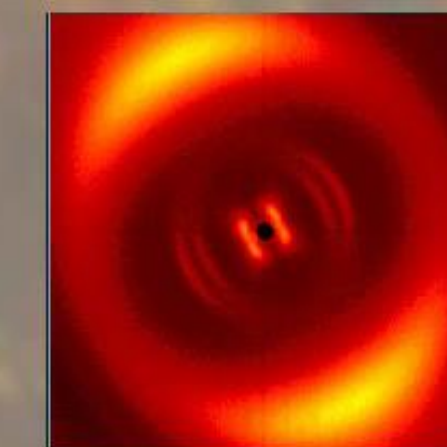
Rys.6. MU20 w temperaturze 203°C.



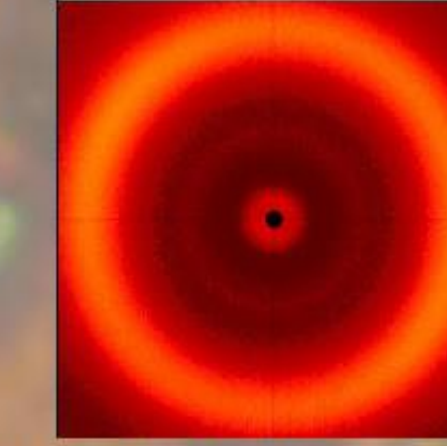
Rys.13. MU20/4,4'-DDM w 155°C/3h + pole magnetyczne.



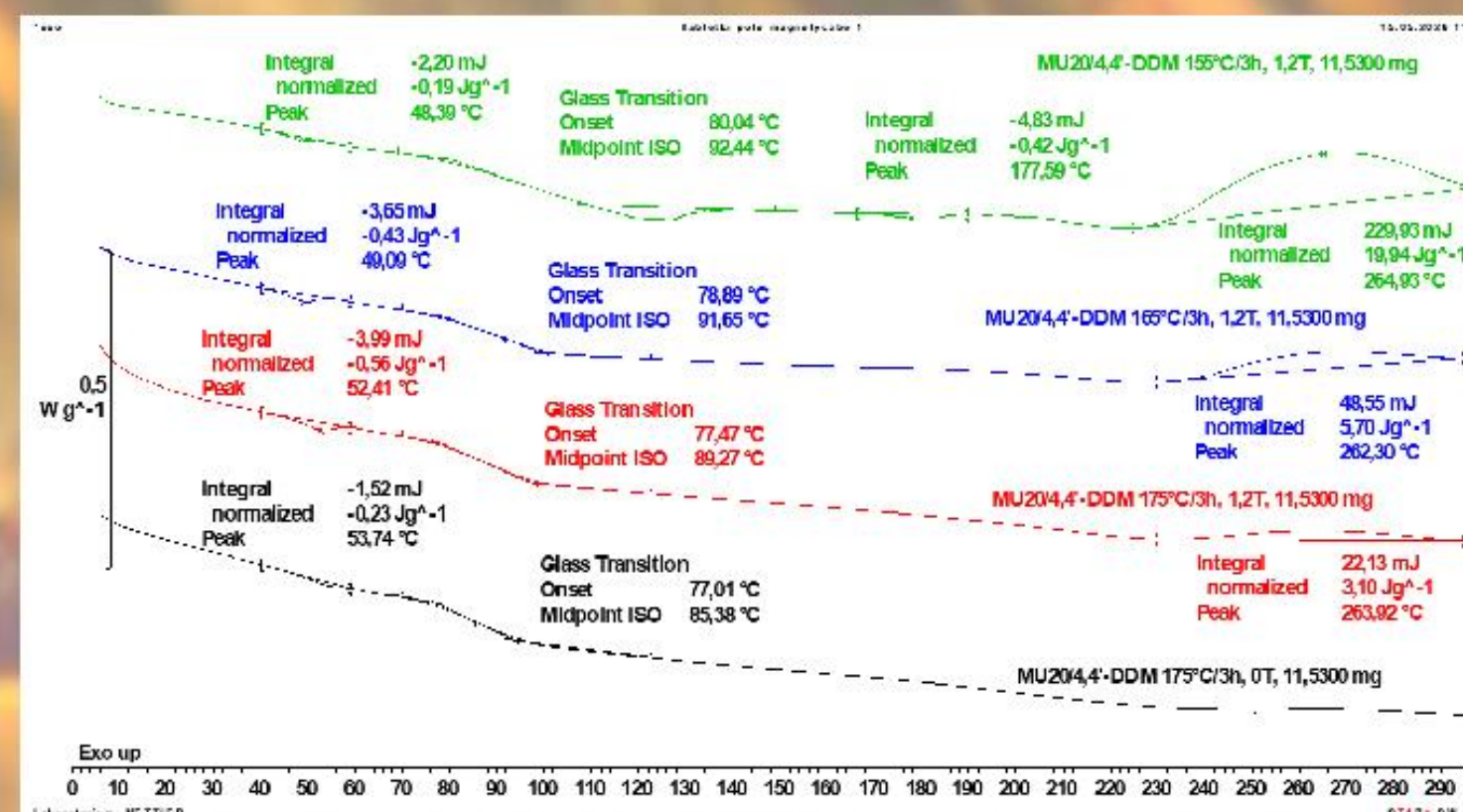
Rys.14. MU20/4,4'-DDM w 165°C/3h + pole magnetyczne.



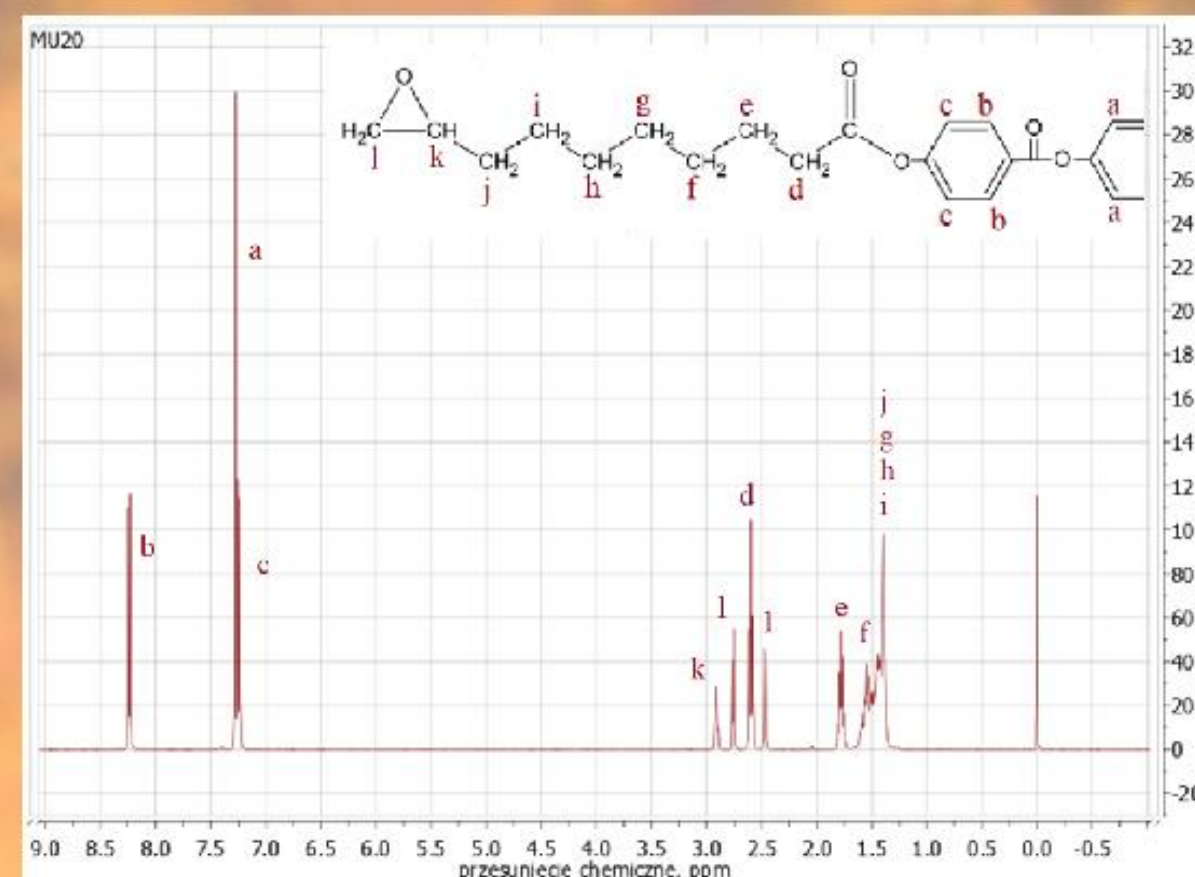
Rys.15. MU20/4,4'-DDM w 175°C/3h + pole magnetyczne.



Rys.16. MU20/4,4'-DDM w 175°C/3h.



Rys.11. Analiza DSC po utwardzaniu kompozycji MU20/4,4'-DDM w polu magnetycznym.



Rys.12. Widmo $^1\text{H-NMR}$ żywicy epoksydowej MU20.

PODSUMOWANIE

1. Zsyntezowano nowy ciekłokrystaliczny monomer epoksydowy, zbadano jego strukturę oraz właściwości, a następnie stworzono kompozycję żywica-utwardzacz (MU20/4,4'-DDM).
2. Zbadano proces sieciowania oraz właściwości wytworzonych produktów:
 - a. Dla różnych szybkości ogrzewania kompozycji – utwardzanie żywicy najefektywniej zachodziło przy szybkości 2 K/min. Im żywica jest wolniej utwardzana, tym osiąga się lepsze uporządkowanie cząsteczek. Wraz ze wzrostem szybkości temperatura maksimum intensywności sieciowania przesuwają się ku wyższym wartościom.
 - b. Dla różnych temperatur ogrzewania kompozycji – w temperaturze 155°C osiągnięto najlepsze uporządkowanie cząsteczek, jednak ta temperatura jest niewystarczająca do pełnego usieciowania polimeru. W 165°C i 175°C osiągnięto zdecydowanie wyższy stopień usieciowania żywicy.
 - c. W obecności pola magnetycznego – pole magnetyczne porządkuje materiał. Im niższa temperatura utwardzania, tym osiąga się wyższe uporządkowanie strukturalne. Obecność pola magnetycznego nieco utrudnia zachodzenie reakcji sieciowania.



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita
Polska



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Europejski Fundusz Społeczny



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Autor: inż. Daniel Ochyra
Kierunek studiów: Biotechnologia
Promotor: dr hab. inż. Beata Mossety-
Leszczak, prof. PRz
Rok akademicki: 2025/2026



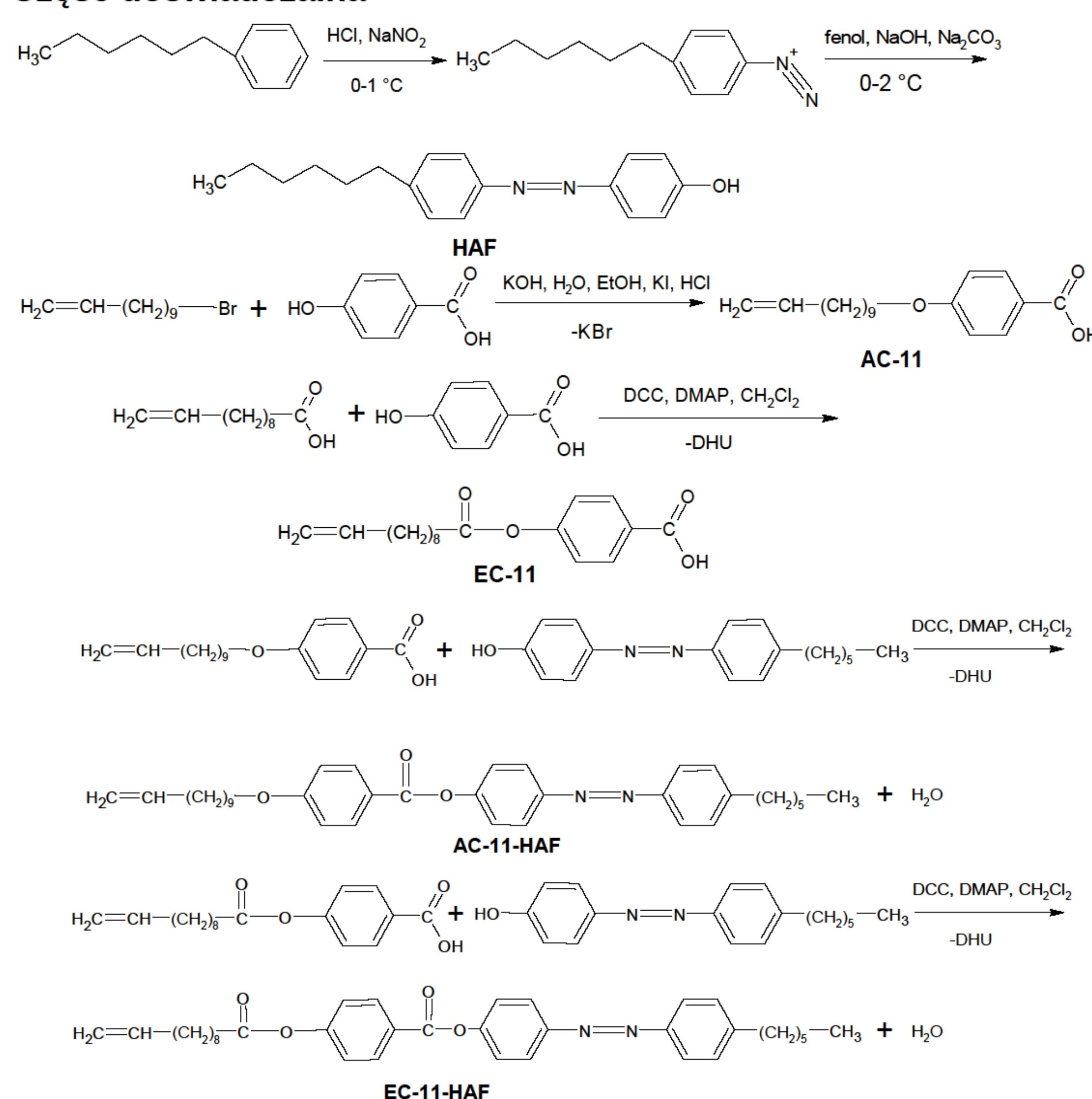
**WYDZIAŁ
CHEMICZNY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Prekursory z grupą fotoaktywną do wytwarzania materiałów inteligentnych o potencjalnym zastosowaniu w farmacji, technologiach hi-tech i biotechnologii

Cel Pracy.

Celem pracy było zsyntetyzowanie oraz scharakteryzowanie właściwości nowych prekursorów wyposażonych w grupę fotokatynną, która docelowo ma pełnić funkcję ugrupowań bocznych w samoorganizujących się elastomerach kopolimerowych opartych na polidimetylosiloksanie.

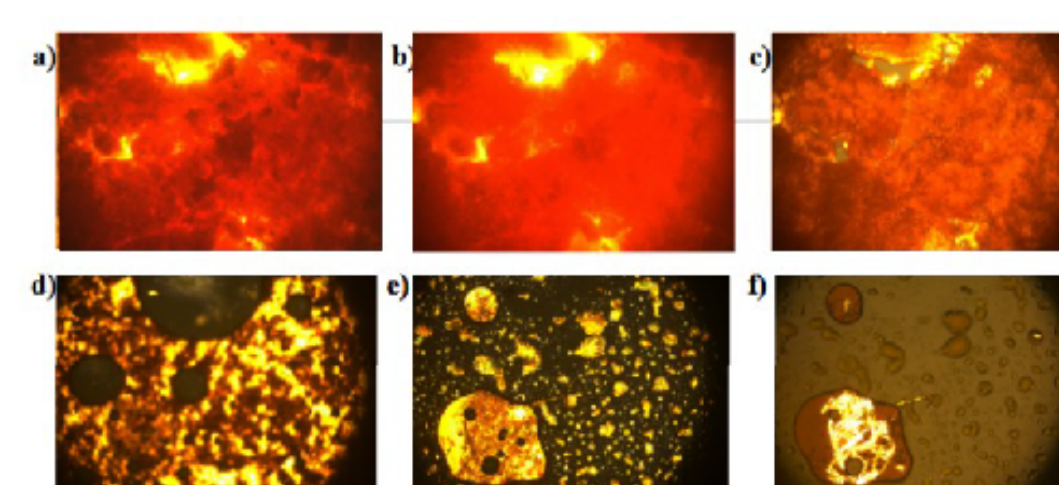
Część doświadczalna



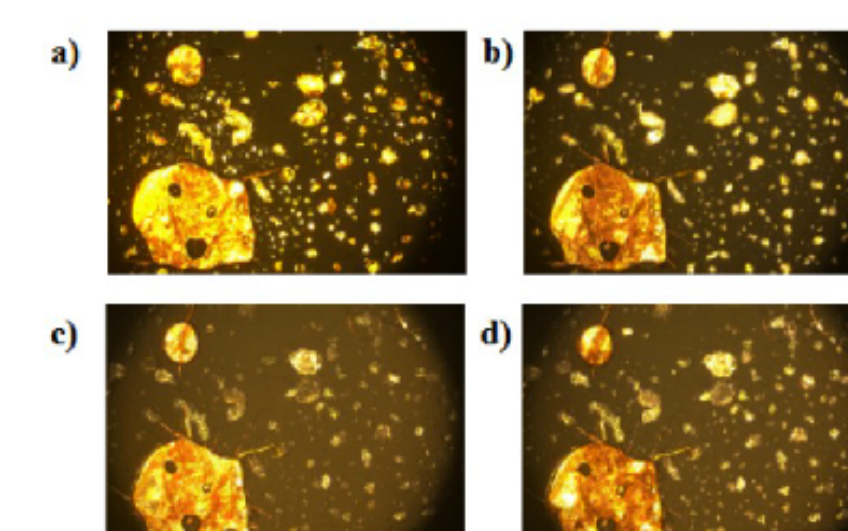
Wprowadzenie

Od tysięcy lat ludzie wykorzystywali różnorodne materiały, aby podnieść jakość swojego życia. Już najdawniejsze cywilizacje były klasyfikowane na podstawie materiałów, które odkrywały. Rosnąca średnia długość życia ludzi zwiększyła zapotrzebowanie na nowoczesne materiały oraz innowacyjne technologie. Inspirację do stworzenia takich materiałów czerpano przede wszystkim z natury. Żywe organizmy potrafią dostosowywać swoją strukturę i funkcjonalność do zmieniających się warunków środowiska, co stało się wzorem dla naukowców przy projektowaniu nowych technologii. Ich celem jest opracowanie materiałów dynamicznych i zmiennych, które naśladują zachowanie aktywnego mikrośrodowiska naturalnego. Przykładem mogą być kameleony, które potrafią odwracalnie zmieniać barwę swojej skóry w zależności od otoczenia lub sytuacji, w jakiej się znajdują. Na przykład, podczas załotów ich skóra przybiera inny kolor niż w chwili, gdy chcą się zamaskować. Podobnie jak skóra kameleona, materiały fotochromowe należą do inteligentnych – pod wpływem światła są w stanie odwracalnie zmieniać swój kolor.

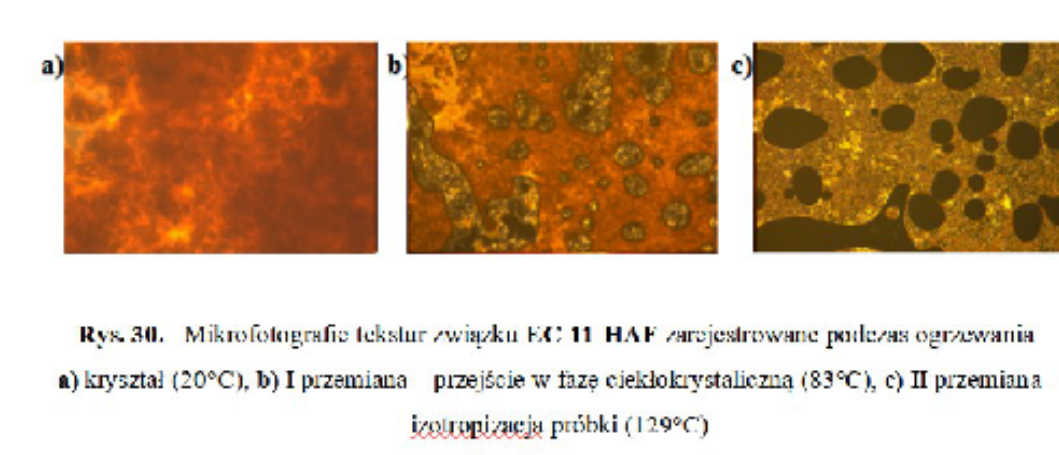
Zdjęcia mikroskopowe POM



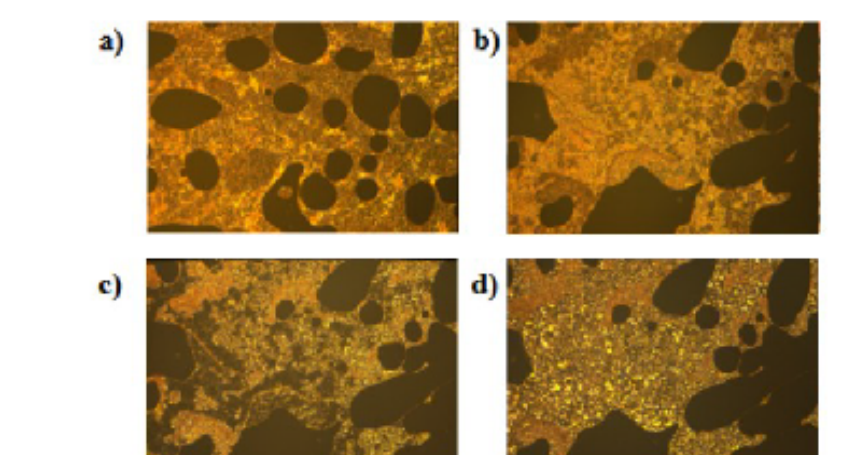
Rys. 25. Mikrofotografie tekstu związków AC-11-HAF zarejestrowane podczas ogrzewania: a) krystalizacja (20°C), b) I przemiana – polimorfizm (60°C), c) II przemiana – przejście w pierwszą fazę ciekłokrystaliczną (126°C), d) III przemiana – przejście w drugą fazę ciekłokrystaliczną (80°C), e) IV przemiana – izotropizacja próbki (179°C).



Rys. 26. Mikrofotografie tekstu zarejestrowane podczas chłodzenia próbki: a) I przemiana – przejście w drugą fazę ciekłokrystaliczną (178°C), b) II przemiana – przejście w pierwszą fazę ciekłokrystaliczną (126°C), c) III przemiana – krystalizacja (80°C), d) IV przemiana – izotropizacja (78°C), e) krystalizacja (20°C).

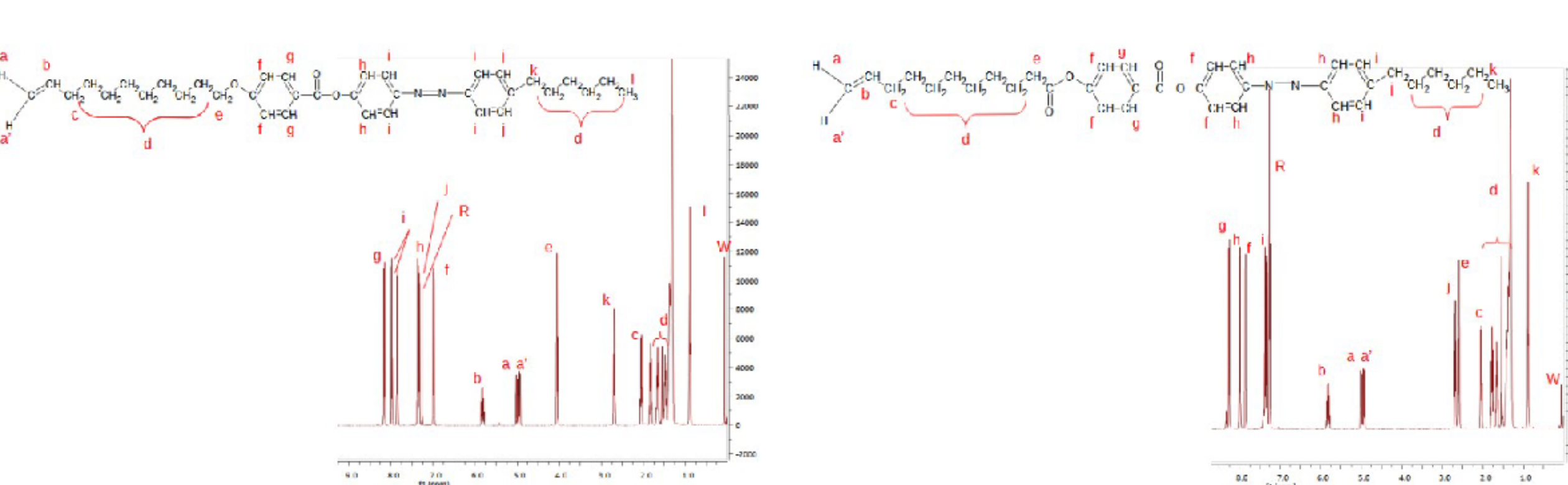


Rys. 30. Mikrofotografie tekstu związku EC-11-HAF zarejestrowane podczas ogrzewania: a) krystalizacja (20°C), b) I przemiana – przejście w fazę ciekłokrystaliczną (83°C), c) II przemiana – izotropizacja próbki (126°C), d) III przemiana – izotropizacja próbki (179°C).



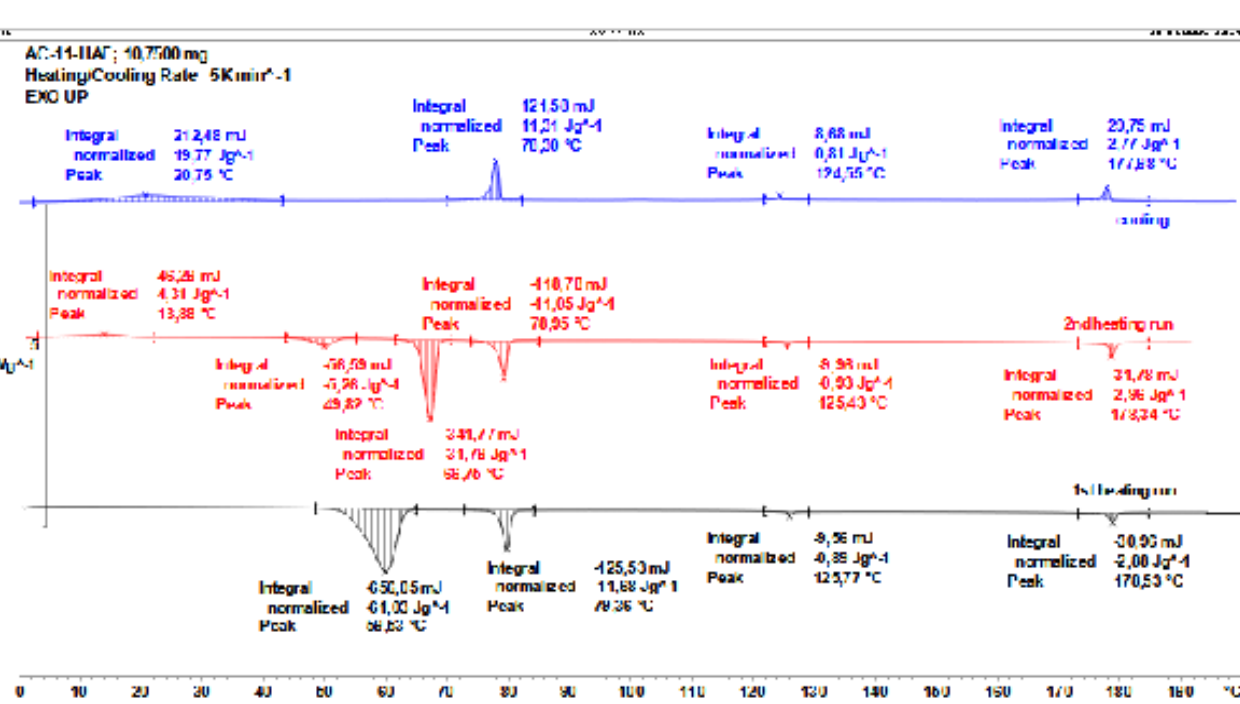
Rys. 31. Mikrofotografie tekstu zarejestrowane podczas chłodzenia próbki: a) I przemiana (75°C), b) II przemiana (53°C), c) III przemiana (20°C).

Porównanie wyników analizy ¹H-NMR i DSC

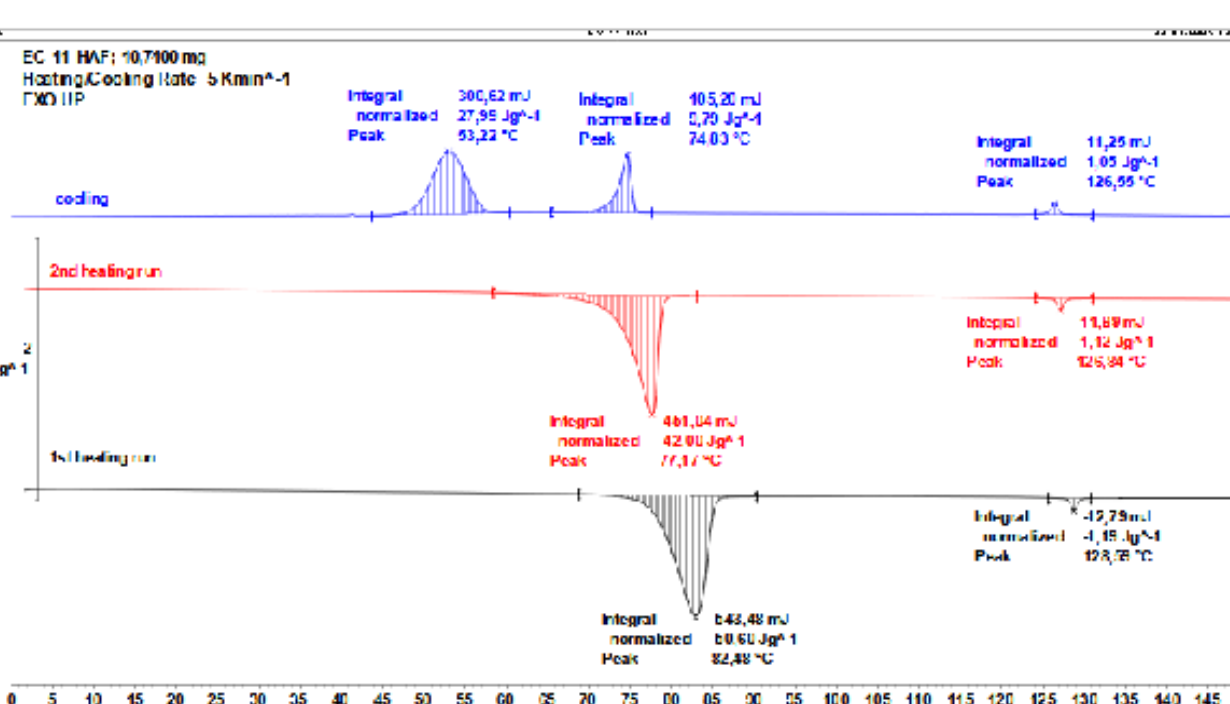


Rys. 23. Widmo ¹H-NMR związku AC-11-HAF rozpuszczonego w chloroformie; na widmie: R – rozpuszczalnik.

Rys. 28. Widmo ¹H-NMR związku EC-11-HAF rozpuszczonego w chloroformie; na widmie: R – rozpuszczalnik, W – wilgoć.



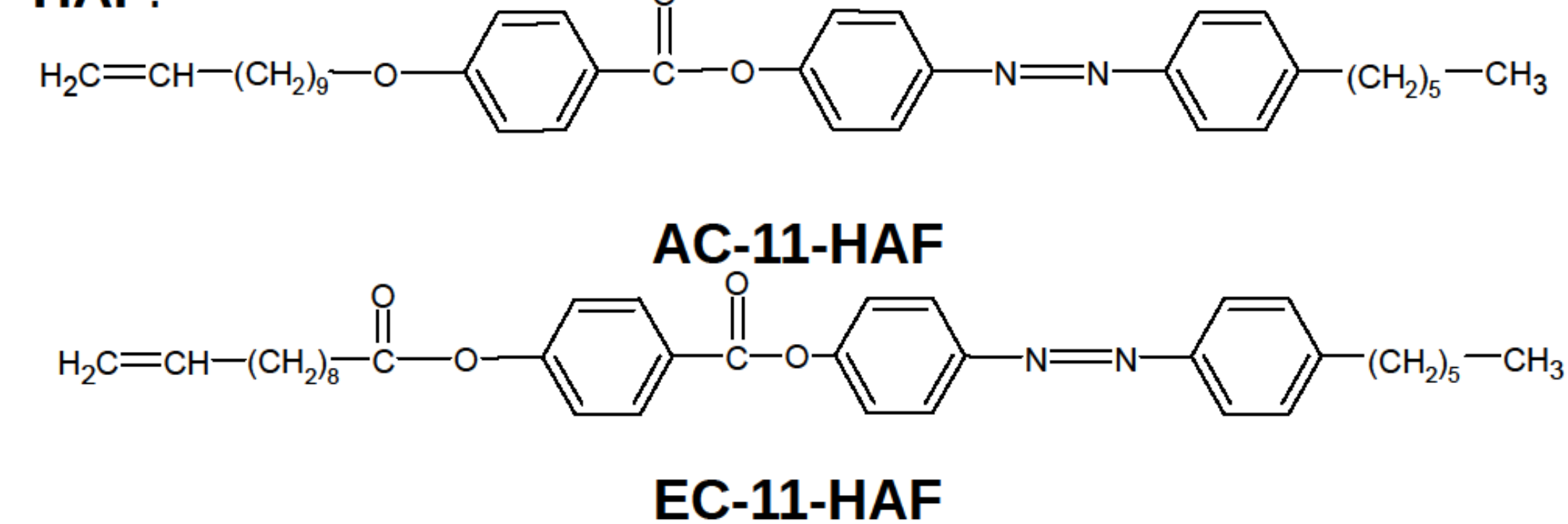
Rys. 24. Krzywa termiczna DSC pochodnej AC-11-HAF, prędkość ogrzewania i chłodzenia: 5 K/min.



Rys. 29. Krzywa termiczna DSC pochodnej EC-11-HAF, prędkość ogrzewania i chłodzenia: 5 K/min.

Podsumowanie.

- Opracowano metodę syntezy dwóch nowych prekursorów z azowymi grupami fotoaktywnymi – **AC-11-HAF** oraz **EC-11-HAF**:



- Na podstawie analizy widm ¹H-NMR potwierdzono strukturę otrzymanych pochodnych **AC-11-HAF** oraz **EC-11-HAF**.
- Przy wykorzystaniu metody DSC i obserwacji mikroskopowych scharakteryzowano właściwości termooptyczne otrzymanych produktów.
- Określono w jakich temperaturach następują przejścia fazowe oraz w jakim zakresie temperatury występuje faza ciekłokrystaliczna w otrzymanych związkach: **AC-11-HAF** – w czasie ogrzewania: ok. **79,4 – 125,8°C**; natomiast podczas chłodzenia: ok. **124,6 – 78,3°C**; **EC-11-HAF** – w czasie ogrzewania **82,3 – 128,6°C**; natomiast podczas chłodzenia **126,6 – 74,8°C**.
- Zamiana grupy estrowej na eterową spowodowała znaczące zmiany termiczne opisanych pochodnych.

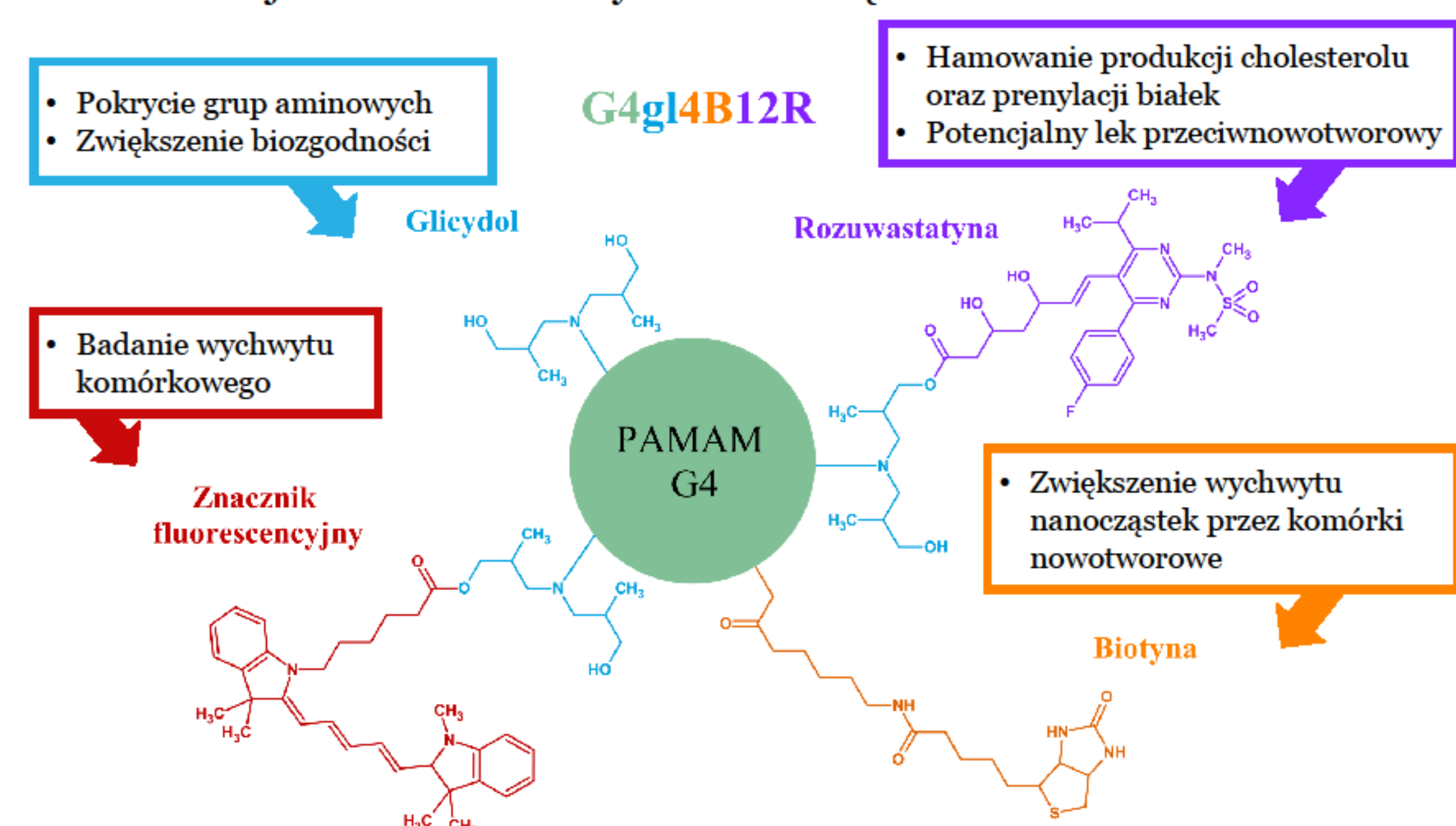




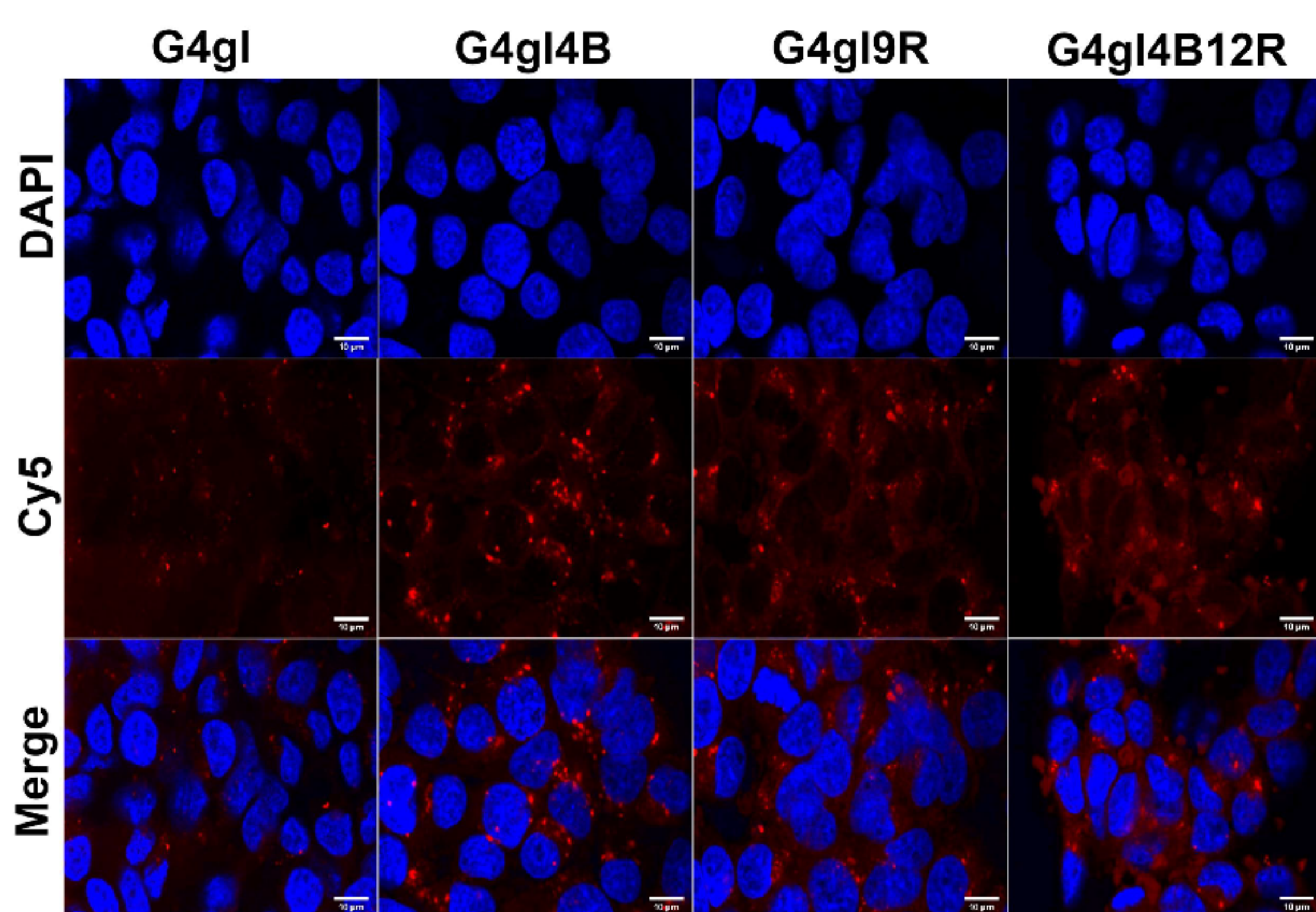
Aktywność glicydylowanych i/lub biotynylowanych dendrymerów PAMAM generacji czwartej jako nośników rozuwastatyny wobec komórek raka wątrobowokomórkowego linii HEPG2

1. Cel i metodyka pracy

Celem niniejszej pracy była ocena skuteczności glicydylowanych i biotynylowanych dendrymerów PAMAM czwartej generacji (G4) jako nośników rozuwastatyny. Jako model komórek nowotworowych wykorzystano linię wątrobiaka zarodkowego HepG2. Komórki poddano działaniu jednego z czterech koniugatów PAMAM: G4gl, G4gl4B, G4gl9R lub G4gl4B12R. Żywotność HepG2 określono za pomocą testu z czerwienią obojętną. Natomiast efektywność wychwytu komórkowego oceniono na podstawie pomiaru fluorescencji zakumulowanych nanocząsteczek.



Ryc. 1. Schemat struktury koniugatu G4gl4B12R wykonany w programie ChemSketch.

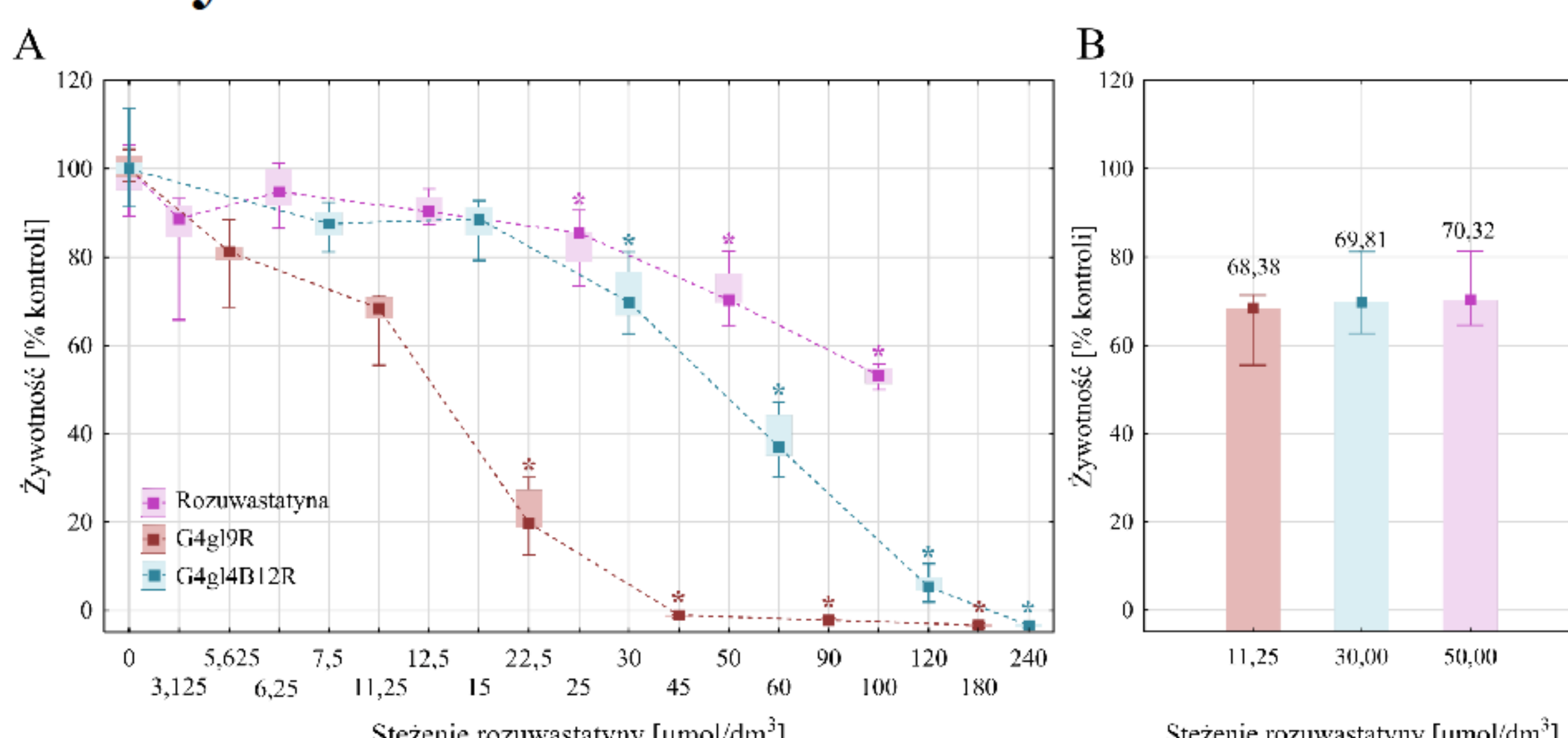


Ryc. 3. Obrazy mikroskopowe przedstawiające wydajność wychwytu 0,1 μM roztworów badanych koniugatów PAMAM przez komórki HepG2 po 24 h inkubacji. Czerwony sygnał pochodzi z dendrymerów znakowanych Cy5, niebieski z jąder komórkowych barwionych DAPI. Obrazy wykonano przy wykorzystaniu mikroskopu konfokalnego Stedion (Abberior Instruments)

2. Wprowadzenie

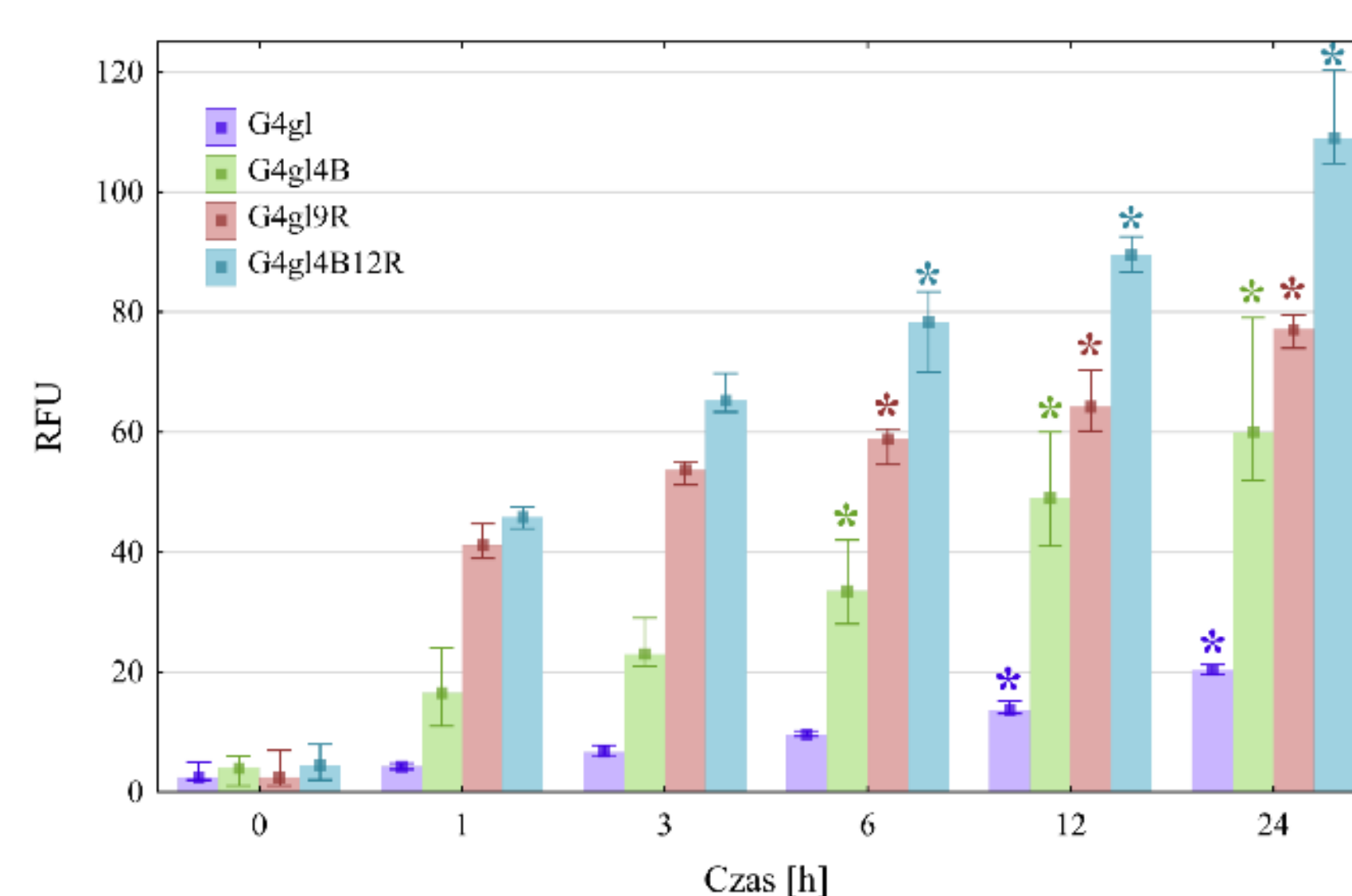
Rozuwastatyna, polarna statyna II generacji, wykazuje obiecujące właściwości przeciwnowotworowe związane z blokowaniem szlaku mewalonowego, indukcją apoptozy oraz hamowaniem proliferacji. W celu zwiększenia stężenia terapeutyków w komórkach nowotworowych i ograniczenia ich wpływu na niezmienione chorobowo tkanki coraz częściej projektuje się systemy ukierunkowanego dostarczania leków. Dendrymery PAMAM z uwagi na swoją monodispersyjną, drzewiastą strukturę są obiecującymi kandydatami na nośniki leków, zapewniając ich lepszą rozpuszczalność i umożliwiając przyłączanie podstawników zwiększających specyficzność wychwytu. Biotyna stanowi jeden z potencjalnych ligandów kierujących, z uwagi na zwiększone zapotrzebowanie komórek nowotworowych na tę witaminę.

3. Wyniki



Ryc. 2. A. Żywotność komórek linii HepG2 po 48-godzinnej inkubacji z badanymi związkami po przeliczeniu stężeń koniugatów na stężenia zawartego w nich leku. Wartość żywotności wyrażono jako procent próby kontrolnej (0,1% DMSO). * $p < 0,05$; test Kruskala-Wallis.

B. Porównanie stężeń leku wywołujących zbliżony efekt cytotoksyczny w badanych próbkach.



Ryc. 4. Wychwyt koniugatów dendrymerów PAMAM przez komórki linii HepG2. Wartość wyrażono w jednostkach fluorescencji względnej (ang. Relative R Fluorescence Units, RFU) po 0, 1, 3, 6, 12 lub 24 h inkubacji z roztworem badanego związku o stężeniu 0,1 μmol/dm³. * $p < 0,05$; test Kruskala-Wallis.

4. Wnioski

Dendrymery zawierające rozuwastatynę były bardziej toksyczne dla komórek HepG2 niż wolna postać leku.

Biotynyłacja dendrymeru z lekiem zmniejszyła efekt cytotoksyczny wobec HepG2, lecz zwiększyła jego wychwyt komórkowy.

W dalszych badaniach należałoby sprawdzić czy biotynyłacja zwiększa selektywność koniugatów wobec komórek nowotworowych w porównaniu do prawidłowych.

Glicydylowane dendrymery PAMAM G4 dobrze spełniają rolę systemu dostarczania leków przeciwnowotworowych.

Bibliografia:

- B. Surekha, N. S. Kommana, S. K. Dubey, A. V. P. Kumar, R. Shukla, i P. Kesharwani, „PAMAM dendrimer as a talented multifunctional biomimetic nanocarrier for cancer diagnosis and therapy”, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, t. 204, s. 111837, 2021, doi: 10.1016/j.colsurfb.2021.111837.
- L. Uram et al., „The Importance of Biotinylation for the Suitability of Cationic and Neutral Fourth-Generation Polyamidoamine Dendrimers as Targeted Drug Carriers in the Therapy of Glioma and Liver Cancer”, *Molecules*, t. 29, nr 18, s. 4293, wrz. 2024, doi: 10.3390/molecules29184293.
- Ł. Uram, M. Szuster, A. Filipowicz, M. Zareba, E. Walajczyk-Rode, i S. Wolowicz, „Cellular uptake of glucosylated poly(amidoamine) PAMAM G3 dendrimer with amide-conjugated biotin, a potential carrier of anticancer drugs”, *Bioorg. Med. Chem.*, t. 25, nr 2, s. 706–713, sty. 2017, doi: 10.1016/j.bmc.2016.11.047.
- M. Thurnher, O. Nussbaumer, i G. Gruenbacher, „Novel Aspects of Mevalonate Pathway Inhibitors as Antitumor Agents”, *Clin. Cancer Res.*, t. 18, nr 13, s. 3524–3531, lip. 2012 r., doi: 10.1158/1078-0432.CCR-12-0489.
- W. Bąk et al., „Biotin in the targeted transport of drugs and nanoparticles”, *Chem. Technol. Biotechnol.*, s. 243, kwi. 2026, doi: 10.7862/rt.2026.3.



CHARAKTERYSTYKA ELEKTROCHEMICZNA MAKROINICJATORÓW ATRP W KONTEKŚCIE ICH WPŁYWU NA WARTOŚĆ STAŁEJ SZYBKOSCI AKTYWACJI UŚPIONYCH CENTRÓW POLIMERYZACJI

CEL BADAŃ

- Wyznaczenie wpływu rzeczywistego środowiska syntezy na stałą szybkości aktywacji (k_{akt}) uśpionych centrów polimeryzacji ATRP.
- Aspekt aplikacyjny badań obejmował analizę układu zawierającego makroinicjator PtBA w obecności monomeru pełniącego rolę współrozpuszczalnika.

PROBLEM BADAWCZY

Polimeryzacja ATRP pozwala na tworzenie zaawansowanych materiałów o ściśle zdefiniowanej topologii.

Tradycyjne pomiary kinetyczne prowadzone są w czystych rozpuszczalnikach, co nie oddaje realiów rzeczywistej syntezy, gdzie obecny jest monomer, wpływający na polarność i lepkość rozpuszczalnika.



Układ A:
acetonitryl

ligand
makroinicjator PtBA
akceptor wolnych rodników

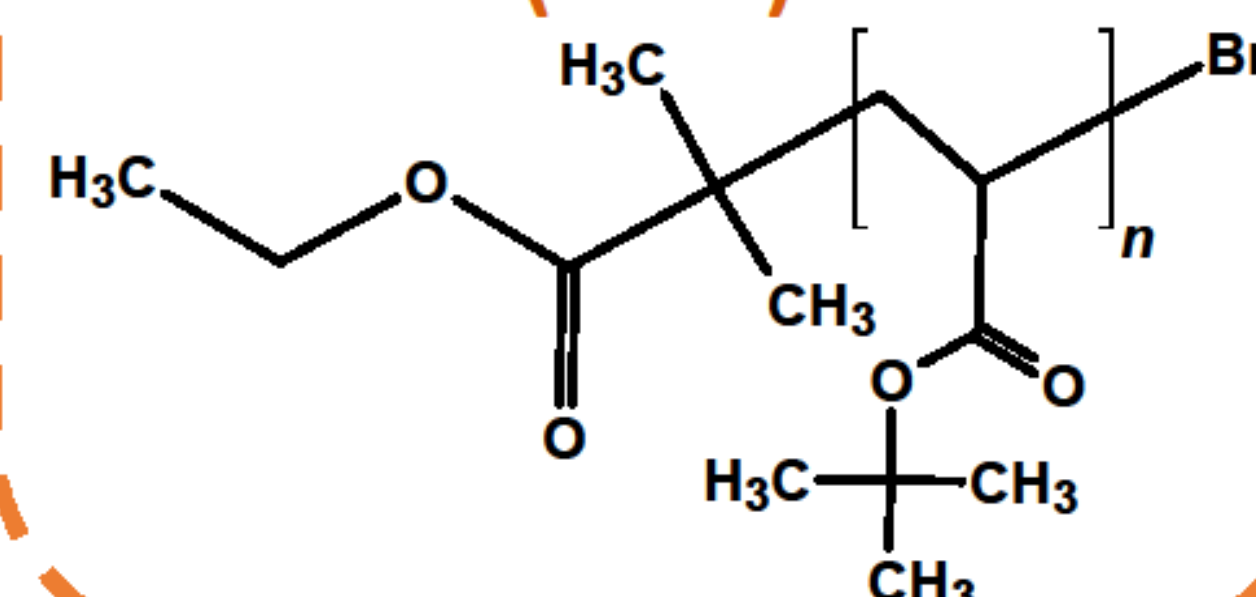
Układ B:
acetonitryl +
monomer tBA
(50/50 v/v)

METODOLOGIA

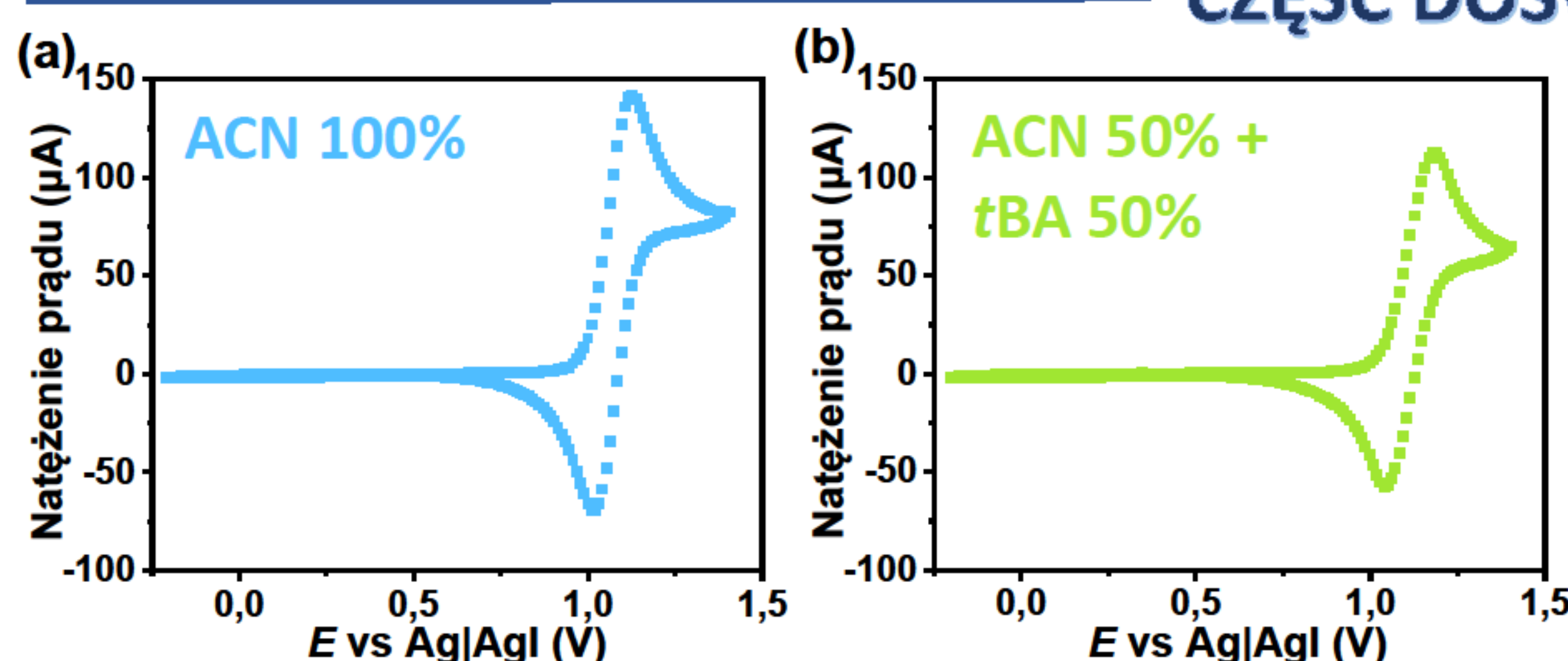
Połączenie technik elektrochemicznych pozwala na bezinwazyjną analizę układu w czasie rzeczywistym:

- Woltamperometria Cykliczna (CV):** Ocena stabilności badanego układu, wyznaczenie potencjałów redoks.
- Wirująca Elektroda Dyskowa (RDE):** Kontrolowany transport masy, umożliwiający ilościowe wyznaczenie parametrów kinetycznych (k_{akt}).

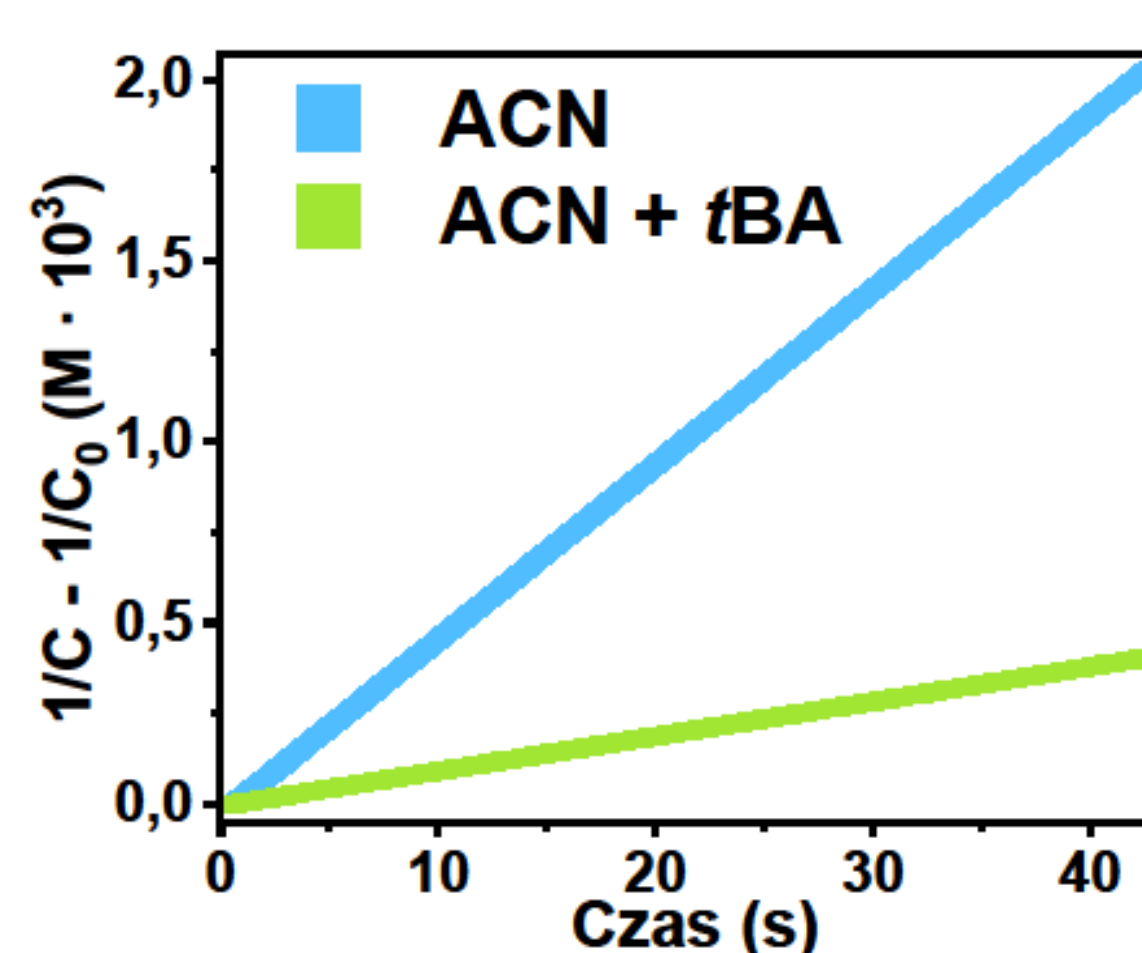
Zsyntezowany techniką
SARA ATRP
makroinicjator
poli(akrylan *tert*-butylu)
(PtBA)



CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA



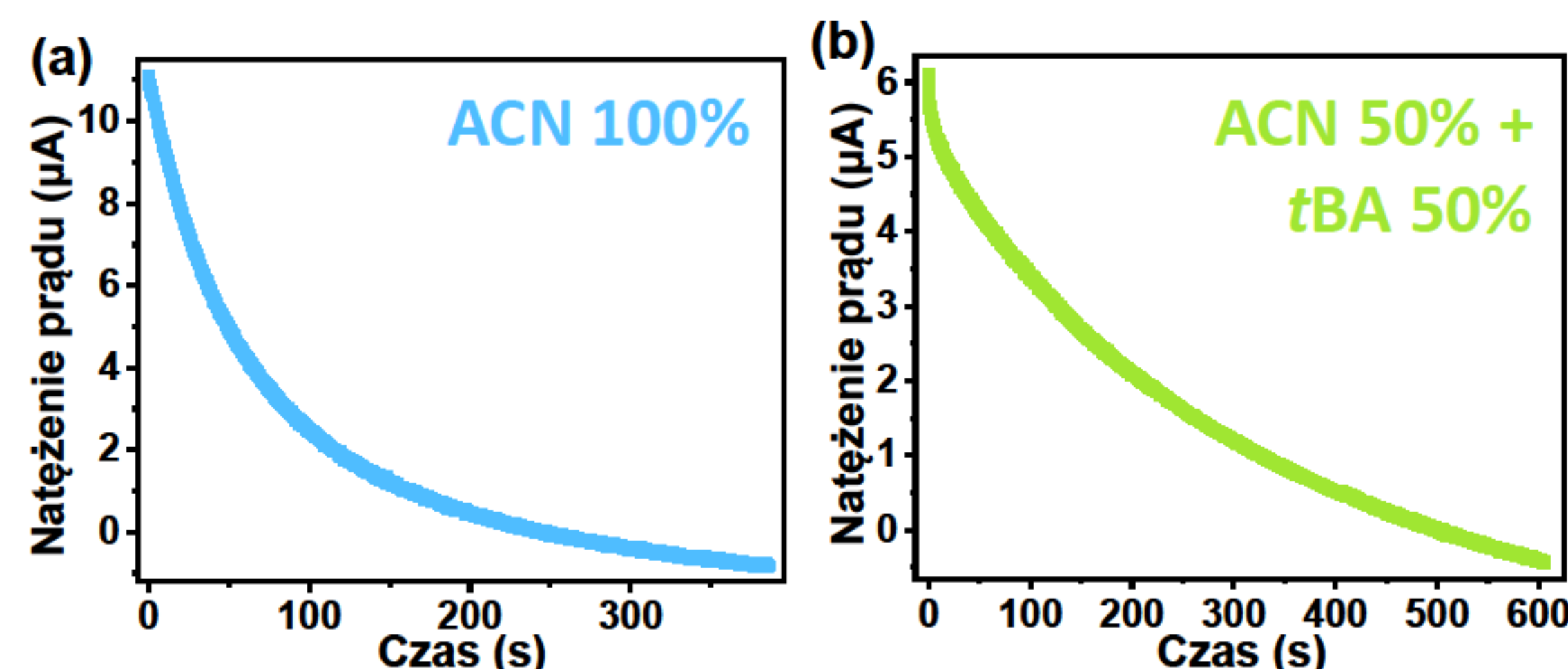
Rys. 1. Woltamperogramy cykliczne zarejestrowane w zakresie potencjałów anodowych w obecności makroinicjatora PtBA o masie 8294 g/mol w środowisku a) czystego ACN, b) mieszaniny ACN/tBA w stosunku objętościowym 50/50 (v/v). Pomiary wykonano w układzie trójelektrodowym w roztworze 0,1 M TBATFB ($T = 30^\circ\text{C}$, atmosfera Ar). Szybkość skanowania 100 mV/s.



Rys. 3. Zbiorcze zestawienie liniowych dopasowań $(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0}) = f(t)$ dla procesu aktywacji makroinicjatora PtBA-Br.

Wyznaczone
wartości k_{akt} :

- Układ z ACN:
 $k_{akt} = 48,2 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$
- Układ z mieszaniną
ACN/tBA (50/50):
 $k_{akt} = 9,6 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$



Rys. 2. Chronoamperogramy prądu granicznego (i_l) utleniania kompleksu miedzi(II) zarejestrowanego z użyciem wirującej elektrody dyskowej (RDE, dysk z węgla szklanego) w obecności makroinicjatora PtBA o masie 8294 g/mol w roztworze 0,1 M TBATFB w środowisku a) czystego ACN, b) mieszaniny ACN/tBA w stosunku objętościowym 50/50 (v/v). Warunki pomiaru: $\omega = 3000 \text{ obr./min}$, $c_{PtBA} = c_{Cu^{II}} = 0,5 \text{ mM}$, $E_{app} = +0,3 \text{ V}$, $T = 30^\circ\text{C}$, atmosfera Ar.

WNIOSKI

- Dodatek monomeru (tBA) w badanej mieszaninie wywołał blisko pięciokrotny spadek k_{akt} na skutek obniżenia polarności i wzrostu lepkości środowiska.
- Prowadzenie badań kinetycznych w obecności monomeru jako współrozpuszczalnika pozwala na znacznie dokładniejsze odwzorowanie rzeczywistych warunków panujących podczas syntezy makrocząsteczek.
- Zastosowanie stabilnego rodnika TEMPO wyeliminowało proces dezaktywacji, umożliwiając precyzyjną analizę kinetyki etapu aktywacji metodą RDE.

PARTNER KONKURSU

Fundacja Rozwoju Politechniki Rzeszowskiej
im. Ignacego Łukasiewicza



POSTER
MASTER