

UWOLNIJ UMYSŁ



**XIV Sesja
Magistrantów I Doktorantów
Łódzkiego Środowiska Chemików**

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

I Ty możesz zostać gwiazdą nauki

Organizator



Patronat



Patronat Rektora
Uniwersytetu Łódzkiego

Wydział Chemii
Uniwersytetu Łódzkiego

Oddział Łódzki
Polskiego Towarzystwa Chemicznego

**XIV SESJA
MAGISTRANTÓW I DOKTORANTÓW
ŁÓDZKIEGO ŚRODOWISKA CHEMIKÓW**

pod patronatem
J.M. Rektora Uniwersytetu Łódzkiego
Prof. dr hab. Elżbiety Żądzińskiej



Patronat Rektora
Uniwersytetu Łódzkiego

Łódź, 13 czerwca 2023 roku

SKŁAD I REDAKCJA KSIĄŻKI ABSTRAKTÓW

dr Mariola Brycht

dr Barbara Burnat

dr Andrzej Leniart

Niniejsze materiały konferencyjne zostały przygotowane na podstawie materiałów nadesłanych przez uczestników XIV Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików.

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść publikowanych streszczeń.

Książka dostępna
jako e-book

e-ISBN 978-83-8331-248-4

<https://doi.org/10.18778/8331-248-4>



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
ul. Jana Matejki 34, 90-237 Łódź
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

KOMITETY

Komitet Honorowy

prof. dr hab. Sławomira Skrzypek
Dziekan Wydziału Chemii UŁ

dr hab. Agnieszka Olejniczak, prof. IBM PAN
Przewodnicząca Zarządu Łódzkiego Oddziału PTChem

prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik
Dziekan Wydziału Chemicznego PŁ

dr hab. inż. Anna Diowks, prof. PŁ
Dziekan Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ

prof. dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński
Dziekan Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ

prof. dr hab. Marek Potrzebowski
Dyrektor Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi

prof. dr hab. Jarosław Dziadek
Dyrektor Instytutu Biologii Medycznej PAN w Łodzi

dr hab. Katarzyna Dzitko, prof. UŁ
Prodziekan Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

Komitety Organizacyjny

dr Mariola Brycht – przewodnicząca

dr hab. Anna Zawisza, prof. nadzw. UŁ

dr Barbara Burnat

dr Andrzej Leniart

dr Paweł Tokarz

mgr Adrian Warcholiński

Martyna Nawrot

Agnieszka Gołdon

Milena Sęczkowska

Kinga Górską

Jury Sesji

dr hab. Anna Zawisza, prof. UŁ
Prodziekan Wydziału Chemii UŁ

dr hab. Agnieszka Olejniczak, prof. IBM PAN
Przewodnicząca Zarządu Oddziału Łódzkiego PTChem

dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ
Prodziekan Wydziału Chemicznego PŁ

dr inż. Ilona Gałązka-Czarnecka
Prodziekan Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ

dr hab. inż. Piotr Kazimierski, prof. PŁ
Prodziekan Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ

prof. dr hab. Arkadiusz Chworoś
Z-ca Dyrektora Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi

prof. dr hab. Jarosław Dziadek
Dyrektor Instytutu Biologii Medycznej PAN w Łodzi

prof. dr hab. Katarzyna Lisowska
Dyrektor Instytutu Mikrobiologii, Biotechnologii i Immunologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

prof. dr hab. inż. Elżbieta Klewicka
Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Oddział Łódzki

dr inż. Paulina Filipczak
Sekcja Młodych Polskiego Towarzystwa Chemicznego

PARTNERZY



Sekcja Młodych
Polskiego Towarzystwa Chemicznego



O SESJI

W 2023 roku głównym organizatorem XIV Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików jest Wydział Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Tradycyjnie współorganizatorem Sesji jest Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Tegoroczna Sesja organizowana jest pod Patronatem Honorowym Jej Magnificencji Rektor Uniwersytetu Łódzkiego, prof. dr hab. Elżbiety Żądzińskiej.

Zwyczajowo celem spotkań młodych chemików jest zarówno prezentacja rezultatów badań w obszarze chemii, wymiana doświadczeń przedstawicieli szkół wyższych i jednostek naukowych zajmujących się problematyką chemiczną na terenie Łodzi, jak też integracja łódzkiego środowiska akademickiego. Spotkania te corocznie gromadzą kilkadziesiąt studentów i doktorantów oraz ich promotorów. W tegorocznej XIV Sesji wyniki swoich badań zaprezentują przedstawiciele: Wydziału Chemii UŁ, Wydziału Chemicznego PŁ, Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Instytutu Biologii Medycznej PAN, oraz Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ.

Tegoroczna XIV Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików podzielona jest na 4 sekcje tematyczne:

S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia,

S02 – Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia, Chemia Żywności i Chemia Medyczna,

S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Technologia Chemiczna,

S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia.

Chcielibyśmy, aby uczestnikom tegorocznej Sesji przyświecało motto:

I Ty możesz zostać gwiazdą nauki!

Komitety Organizacyjny XIV Sesji

PROGRAM SZCZEGÓŁOWY

XIV Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

8⁰⁰ – 9⁰⁰ Rejestracja uczestników

Rozwieszanie posterów, wgrywanie prezentacji przez Doktorantów

9⁰⁰ – 9¹⁵ Uroczyste otwarcie Sesji

9¹⁵ – 11⁰⁰ Komunikaty Doktorantów

9¹⁵ – 9³⁵ Adam Cieśliński

Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny

Indeno-2-karbaldehydy jako prekursorzy pentaenolanów w organokatalitycznej reakcji allilowego alkilowania z węglanami Mority-Baylisa-Hillmana

9³⁵ – 9⁵⁵ Mateusz Grabowski

Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN

Metody syntezy kopolimerów polilaktydu poprzez wprowadzenie ugrupowania inifera do struktury PLA

9⁵⁵ – 10¹⁵ Agnieszka Hejduk

Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Wytłoki wybranych owoców jagodowych Rosaceae – źródło związków polifenolowych

10¹⁵ – 10³⁵ Karolina Kozal

Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska

Zależność pomiędzy zaburzeniami O-GlcNAcytacji a aktywnością czynnika HIF w raku piersi

10³⁵ – 10⁵⁵ Karolina Sobczak

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii

Platformy wydrukowane w technologii druku 3D jako elektrochemiczne czujniki do oznaczania bilirubiny

11⁰⁰ – 11¹⁵ Przerwa kawowa

11¹⁵ – 13¹⁵ Sesja posterowa Magistrantów i Doktorantów

13¹⁵ – 13³⁰ Przerwa kawowa

13³⁰ – 14¹⁵ Wykłady zaproszonych gości

13³⁰ – 13⁵⁰ Dominika Świąteczak

Delia Cosmetics

Delia Cosmetics. Od Praktykanta do Doktoranta.

13⁵⁰ – 14¹⁵ Aneta Bernaciak

Torrecid Poland

Prezentacja Grupy Torrecid – możliwość zatrudnienia, praktyk i staży.

14¹⁵ – 15⁰⁰ Podsumowanie Sesji, wręczenie nagród i uroczyste zamknięcie

15⁰⁰ – 15³⁰ Demontaż posterów

**STRESZCZENIA KOMUNIKATÓW
DOKTORANTÓW**

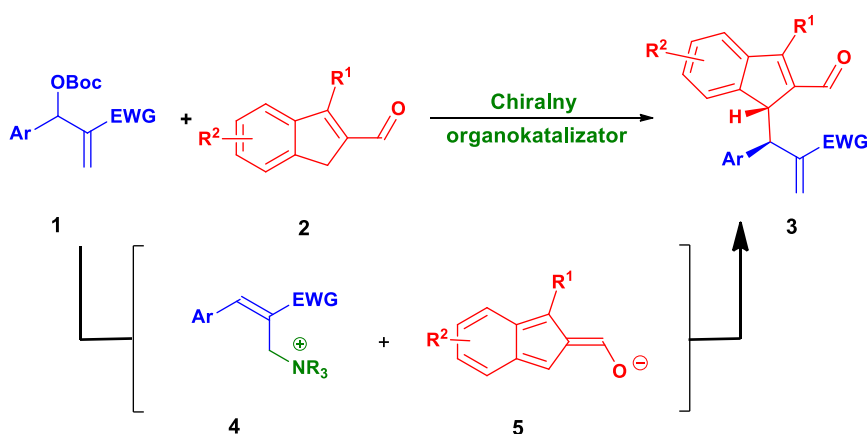
INDENO-2-KARBALDEHYDY JAKO PREKURSORY PENTAENOLANÓW W ORGANOKATALITYCZNEJ REAKCJI ALLILOWEGO ALKILOWANIA Z WĘGLANAMI MORITY-BAYLISA-HILLMANA

Adam Cieśliński

Promotor: **prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Identyfikacja nieznanymi wcześniej sposobów katalitycznej aktywacji związków chemicznych stanowi jeden z głównych celów współczesnej chemii organicznej. Interesujące metody rozszerzenia ustalonej uprzednio reaktywności związków organicznych można uzyskać wykorzystując zjawisko winylogii. Fenomen ten definiuje się jako przeniesienie efektów elektronowych grupy funkcyjnej obecnej w cząsteczce organicznej do oddalonych atomów węgla poprzez sprzężone wiązania wielokrotne [1]. Celem naszych badań było opracowanie nowej organokatalitycznej, enancjoselektywnej metody allilowego alkiłowania pochodnych indeno-2-karbaldehydów **2** węglanami Mority–Baylisa–Hillmana **1** [2]. Reakcja ta została zrealizowana z wykorzystaniem chiralnego katalizatora, zawierającego w swojej strukturze szkielet alkaloidu kory chinowca, który zapewnił całkowitą regio- i stereoselektywność reakcji. W transformacji wykorzystaliśmy aktywację związków karbonylowych polegającą na utworzeniu pentaenolanu **5** będącego pochodną izobenzofulwenu. Optycznie czynne produkty o strukturze **3** zostały otrzymane z wysokimi wydajnościami, dobrą diastereoselektywnością i znakomitą enancjoselektywnością.



Rys. 1 Reakcja allilowego alkiłowania 3-arylo-1H-indeno-2-karbaldehydów **2** z wykorzystaniem węglanów MBH **1**.

- [1] G. Casiraghi, F. Zanardi, G. Appendino, G. Rassu, Chem. Rev. 100 (2000) 1929–1972.
[2] A. Cieśliński, S. Frankowski, Ł. Albrecht, Chem. Commun. (2023) [article accepted].

METODY SYNTEZY KOPOLIMERÓW POLILAKTYDU POPRZECZ WPROWADZENIE UGRUPOWANIA INIFERA DO STRUKTURY PLA

Mateusz Grabowski

Promotor/Opiekun: **dr hab. Melania Bednarek**

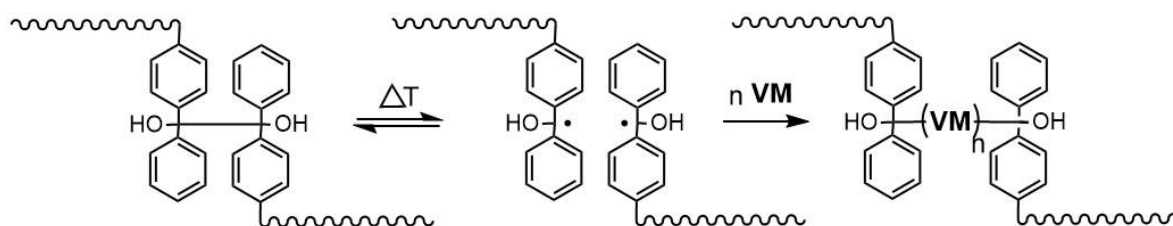
*Szkoła Doktorska BioMedChem Uniwersytetu Łódzkiego i Polskiej Akademii Nauk,
ul. Banacha 12/16 90-237 Łódź *e-mail: mgrabowski@cmm.lodz.pl
Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź*

Jedną z metod modyfikacji polilaktydu, alifatycznego poliestru otrzymywanego z surowców odnawialnych, jest wprowadzenie innych ugrupowań chemicznych do struktury PLA. Można tego dokonać m.in. poprzez syntezę kopolimerów, w tym blokowych, PLA. Kopolimery blokowe mogą być otrzymywane różnymi metodami. Jako nową metodę w niniejszej pracy zaproponowano metodę „inifera” z wykorzystaniem ugrupowania tetrafenyloetanu (TPE) w celu syntezy kopolimerów polilaktydu i wybranych poli(winyłowych monomerów) (PVM).

Ugrupowanie TPE wprowadzono do struktury PLA z wykorzystaniem różnych metod. Metody te są oparte na funkcjonalizacji 4-hydroksybenzofenonu (HBP). Sprzęganie ugrupowań HBP obecnych w pochodnych małowartościowych lub w łańcuchu PLA pod wpływem promieniowania UV prowadzi do powstania grup TPE, które ulegają termicznej dysocjacji z wytworzeniem rodników i w konsekwencji inicjują polimeryzację monomerów winyłowych zgodnie ze schematem 1.

W wyniku zastosowania opracowanych przez nas metod, możliwe było otrzymanie następujących kopolimerów na bazie PLA:

1. Triblokowego kopolimeru PLA-PVM-PLA poprzez inicjowanie polimeryzacji laktydu pochodną HBP a następnie sprzęganiu.
2. Multiblokowego kopolimeru ...PLA-PVM-PLA-PVM...: poprzez syntezę diolu zawierającego TPE, następnie sprzęganie z diolem PLA za pomocą diizocyjanianu.
3. Sieci opartej na PLA zawierającej grupy TPE poprzez kopolimeryzację laktydu z pochodną epoksy-HBP i sprzęganie, z możliwością wprowadzenia bloków PVM.



Schemat 1. Synteza kopolimerów blokowych PLA-PVM-PLA z wykorzystaniem inifera TPE.

Praca realizowana w ramach Grantu NCN 2018/31/B/ST8/01969.

WYTŁOKI WYBRANYCH OWOCÓW JAGODOWYCH *ROSACEAE* – ŹRÓDŁO ZWIĄZKÓW POLIFENOLOWYCH

Agnieszka Hejduk

Promotor: **dr hab. inż. Robert Klewicki, prof. PŁ**

Opiekun: **dr inż. Michał Sójka**

*Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Instytut Technologii i Analizy Żywności, ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź*

W ostatnich latach pojawia się coraz więcej dowodów na antyoksydacyjne działanie owoców jagodowych [1]. Właściwości te przypisuje się w znacznej mierze polifenolom [2]. Szacuje się, że to właśnie owoce jagodowe są głównym źródłem związków polifenolowych w diecie człowieka [3].

Z uwagi na niską trwałość owoców jagodowych, są one zazwyczaj mrożone oraz przetwarzane m.in. na soki, przeciery, koncentraty oraz dżemy. Produkcja przetworów wiąże się z powstaniem ubocznych produktów odpadowych w postaci wytlóków. W wytlókach po produkcji soków z owoców jagodowych, w znacznej mierze pozostaje błonnik pokarmowy oraz mieszanina polifenoli, m.in. elagotaniny wysokocząsteczkowe i flawanole [4].

W pracy określono profil elagotanin, antocyjanów i flawanoli w 8 rodzajach liofilizowanych ekstraktów pozyskanych z wytlóków wybranych owoców jagodowych – malinowych i jeżynowych (rodzaj *Rubus*) oraz poziomkowych i truskawkowych (rodzaj *Fragaria*) pozyskanych po produkcji soków nieklarowanych i przecierów.

Stężenie elagotanin wyniosło 8485 – 19232 mg/100 g s.m. (suchej masy) dla ekstraktów z wytlóków *Rubus* oraz 1467 – 3014 mg/100 g s.m. dla ekstraktów z wytlóków *Fragaria*. Zawartość flawanoli wynosiła odpowiednio 854 – 2526 i 1044 – 6254 mg/100 g s.m. W przypadku antocyjanów wartości te mieściły się w granicach 330 – 1995 i 76 – 358 mg/100 g s.m. Ponadto, określono właściwości antyoksydacyjne metodami opartymi na różnych mechanizmach, tj. całkowitą ilość związków przeciwutleniających, inhibicję rodnika DPPH, zdolność do redukcji jonów żelaza (III) [5].

Wysoka zawartość polifenoli w ekstraktach ze wszystkich testowanych surowców potwierdza, że wytloki badanych owoców jagodowych z rodziny *Rosaceae* stanowią cenny materiał do pozyskiwania tych związków. Wykorzystanie ubocznych produktów odpadowych jako surowca startowego do pozyskiwania ekstraktów polifenolowych stwarza możliwość rozwoju żywności funkcjonalnej i wzbogacanej.

- [1] Z. Zorenc, R. Veberic, F. Stampar, D. Koron, M. Mikulic-Petkovsek, Turk. J. Agric. For. 40 (2016) 855–867.
- [2] M. Gundogdu, T. Kan, I. Canan, Turk. J. Agric. For. 40 (2016) 344–351.
- [3] M.N. Clifford., A. Scalbert, J. Sci. Food Agric. 80 (2000) 1118–1125.
- [4] T.J. Hager, L.R. Howard, R.L. Prior, J Agric Food Chem. 58 (2010) 11749–11754.
- [5] R. Apak, M. Özyürek, K. Güçlü E. Çapanoğlu, J. Agric. Food Chem. 64 (2016) 997–1027.

ZABURZENIA O-GLCNACYLACJI I AKTYWNOŚĆ CZYNNIKA HIF W RAKU PIERSI

Karolina Kozal

Promotor: **dr hab. Anna Krześlak, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Cytobiochemii,
Szkoła Doktorska BioMedChem Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutów PAN w Łodzi*

Rak piersi jest najbardziej rozpowszechnionym typem nowotworu wśród kobiet. Pomimo znacznego postępu w leczeniu nowotworów piersi, nadal w przypadku niektórych raków np. potrójnie negatywnych, nie ma wystarczająco skutecznych terapii. Zaprojektowanie nowych efektywnych strategii terapeutycznych wymaga głębszego zrozumienia procesów związanych z powstawaniem i progresją raka piersi.

Czynniki indukowane hipoksją (*ang. hypoxia-inducible factors* - HIFs) są czynnikami transkrypcyjnymi, które odpowiadają za regulację odpowiedzi na niedostateczny poziom natlenienia (hipoksję), który często towarzyszy rozwojowi guza. Zmiany w ekspresji lub aktywności czynników HIF mogą jednak następować także pod wpływem innych czynników m.in. zależą od dostępności składników odżywczych. Czynniki indukowane hipoksją występują w trzech wariantach. Najbardziej powszechnie występują izoformy HIF1 i HIF2, które pomimo szeregu podobieństw mogą mieć jednak różny, niejednokrotnie przeciwny wpływ na niektóre procesy komórkowe. Kluczowym zatem jest poznanie roli obu izoform w biologii raka piersi

O-GlcNAcylation jest modyfikacją polegającą na przyłączeniu reszty cukrowej do białek wewnątrzkomórkowych, co wpływa na ich lokalizację, stabilizację oraz aktywność. Modyfikacja ta jest regulowana przez enzymy: OGT (O-GlcNAc transferaza), który przyłącza resztę cukrową oraz OGA (N-acetyloglukozaminidaza), który odwraca proces. Poziom O-GlcNAcylation zależy od dostępności składników odżywczych, przede wszystkim glukozy. Nieprawidłowy poziom tej modyfikacji wpływa na wiele aspektów biologii raka piersi. Wykazano, że zaburzenia O-GlcNAcylation wpływają na aktywność czynnika indukowanego hipoksją, jednak do tej pory zbadano wpływ jedynie na izoformę HIF1.

Analiza preparatów klinicznych raka piersi pozwoliła na określenie zróżnicowanych tendencji ekspresji izoform HIF1 i HIF2 w zależności od cech takich jak wielkość guza pierwotnego, obecność przerzutów do węzłów chłonnych oraz ekspresji receptorów progesteronowych (PR) oraz receptora HER2. Co ciekawe, pomimo że oba zjawiska, tj. zwiększona aktywność czynników HIF oraz zwiększony poziom O-GlcNAcylation towarzyszą progresji nowotworów wykazano, że guzy posiadające wyższą ekspresję izoformy HIF2 posiadają znacznie niższy poziom modyfikacji. Wstępne badania *in vitro* przeprowadzone na liniach komórkowych raka piersi (MCF-7, MDA-MB-231) wykazały różny poziom HIF1 i HIF2 w zależności od charakterystyki linii (w tym statusu receptorów) oraz dostępności glukozy. Sugeruje to, że aktywność czynników i zaburzenia modyfikacji mogą reprezentować kolejny mechanizm reakcji na stres środowiskowy, a tym samym potencjalnie wpływać na powstawanie przerzutów czy lekooporności.

PLATFORMY WYDRUKOWANE W TECHNOLOGII DRUKU 3D JAKO ELEKTROCHEMICZNE CZUJNIKI DO OZNACZANIA BILIRUBINY

Karolina Sobczak

Promotor: **dr hab. Łukasz Półtorak, prof. UŁ**

Opiekun: **dr Konrad Rudnicki**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Badanie przesiewowe moczu jest jednym z podstawowych i najczęściej wykonywanych badań laboratoryjnych. Ta rutynowa procedura diagnostyczna, pozwala ocenić ogólny stan zdrowia pacjenta na podstawie analizy fizykochemicznych i mikroskopowych właściwości moczu. Obecnie istnieją dwa główne sposoby analizy moczu – testy paskowe i techniki laboratoryjne wykorzystujące specjalistyczny sprzęt. Pierwsza z nich to szybka, tania i prosta metoda, jednakże pozwala na określenie kilku podstawowych parametrów i analitów, także obarczona dużym błędem. Drugie rozwiązanie jest wysoce skuteczne jednak drogie. Z tego względu istotnym jest opracowanie nowych tanich i powszechnie dostępnych metod, jednocześnie charakteryzujących się wysoką selektywnością i czułością [1].

W niniejszej pracy przedstawiono elektroanalityczną metodę wykrywania i ilościowego oznaczania barwnika żółci – bilirubiny (BIL). Badanie to zostało przeprowadzone za pomocą woltamperometrii cyklicznej (CV) i różnicowej woltamperometrii pulsowej (DPV) w dwóch skalach – makro- i mikroskopowej. W pierwszej kolejności zbadano zachowanie BIL w tradycyjnym układzie czteroelektrodowym przy różnym pH fazy wodnej. Następnie opisano protokół pozwalający na prostą miniaturyzację spolaryzowanej granicy ciecz-ciecz w oparciu o drukowaną 3D rurkę (kapilarę) z mikro-otworem w dnie. Następnie kapilara została przebadana elektrochemicznie z wykorzystaniem jonu modelowego (chlorek tetrametyloamoniowy). Zoptymalizowane czujniki zostały wykorzystane do wykrywania BIL w próbkach moczu sztucznego [2-5].

Podziękowania: Badania były przeprowadzone w ramach projektu PRELUDIUM 20 Narodowego Centrum Nauki (NCN) w Krakowie (Projekt nr UMO-2021/41/N/ST4/02414).

- [1] S. Aitekenov et al., Talanta 223 (2021) 121718.
- [2] K. Rudnicki et al., Food Chem. 364 (2021) 130417.
- [3] P. Borgul et al., Sens. Actuators B Chem. 373 (2022) 132651.
- [4] L. Poltorak et al., J. Hazard. Mater. 402 (2021) 123411.
- [5] P. Borgul et al., Sci. Rep. 12 (2022) 1–11.

**STRESZCZENIA POSTERÓW
MAGISTRANTÓW**

ANALIZA PIERWIASTKOWA SUPLEMENTÓW DIETY DLA DZIECI I KOBIET W CIĄŻY

inż. Sandra Belc

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Na przełomie ostatnich lat w Polsce oraz na świecie obserwuje się tendencję wzrostową zainteresowaniem suplementami diety. Obecnie na rynku konsumenckim istnieje wiele rodzajów preparatów, których producenci oferują wielorakie właściwości zdrowotne. Oprócz suplementów o ogólnym przeznaczeniu dostępne są również suplementy ze specjalnym przeznaczeniem dedykowane m.in. dla kobiet w ciąży czy dzieci.

Ciąża to wyjątkowy okres w życiu każdej kobiety. Pozwala na skupienie się i zadbanie o zdrowie własne oraz swojego dziecka. Rekomendowana jest modyfikacja diety oraz dodatkowa suplementacja składników niezbędnych do prawidłowego, niezaburzonego rozwoju płodu. Przyszłym mamom zaleca się przyjmowanie suplementów tj. żelaza, kwasu DHA, witaminy D, jodu i kwasu foliowego.

Dla młodego, kształtującego się organizmu ważnym elementem zdrowotnym jest prawidłowa zbilansowana dieta oparta na pełnowartościowych produktach. Do rozważenia do stosowania przez rodziców należą suplementy akcentujące najważniejsze potrzeby młodego organizmu. Do tych preparatów należą te, wspomagające prawidłowy rozwój oraz utrzymujące i wzmacniające odporność u dzieci. Warto więc skupić swoją uwagę na: witaminie D, kwasach tłuszczowych Omega- 3, probiotykach czy preparatach multiwitaminowych.

W pracy dokonano analizy składu, przeznaczenia i formy różnego rodzaju preparatów dla dzieci oraz kobiet w ciąży zawierających składniki wspomagające prawidłowe funkcjonowanie organizmu. Badane próbki roztworzono z użyciem kwasów HNO_3 i HCl w proporcji 3:1 z użyciem mineralizatora mikrofalowego, a następnie skład pierwiastkowy próbek zbadano za pomocą spektrometru ICP-OES.

Mimo szerokiej dostępności suplementów diety, trzeba mieć jednak świadomość, iż mogą one jedynie wspomagać zdrowe odżywianie, a nie je zastąpić. Na pierwszym miejscu zawsze należy stawiać racjonalne podejście do zdrowego odżywiania i trybu życia.

Podziękowania: Za pomoc, cierpliwość, cenne rady oraz poświęcony czas w prowadzonych badaniach pragnę złożyć podziękowania promotorowi pracy.

- [1] A. Wójtowicz, D. Babczyk, A. Galas, M. Skalska-Swistek, M. Gorecka, R. Witkowski, H. Huras, Ginekol. Pol. 93 (2022) 489–495.
- [2] M. Zimmer, P. Sieroszewski, P. Oszukowski, H. Huras, T. Fuchs, A. Pawłosek, Ginekologia i Perinatologia Praktyczna 5 (4) (2020) 170–181.

ZWIĄZKI KOORDYNACYJNE KADMU Z NIESTEROIDOWYMI LEKAMI PRZECIWZAPALNYMI. SYNTEZA I ANALIZA ICH WŁAŚCIWOŚCI

Mateusz Delida

Promotor: **dr inż. Karolina Kafarska**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Związki koordynacyjne metali z lekami, między innymi niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi (NLPZ), mają duże znaczenie z punktu widzenia medycyny. Doniesienia literaturowe jednoznacznie wskazują na poprawę ich bioaktywności i skuteczności terapeutycznej w porównaniu do wolnych leków. Obserwuje się również redukcję skutków ubocznych oraz odkrywanie innych nowych właściwości i potencjalnych zastosowań [1, 2].

Celem badań była synteza i analiza związków koordynacyjnych kadmu z ibuprofenem, ketoprofenem oraz kwasem flufenamowym, które należą do NLPZ. Przy użyciu metody absorpcyjnej spektroskopii atomowej (AAS) ustalono wzory stechiometryczne kompleksów. Analiza termograwimetryczna zsyntezowanych związków umożliwiła określenie ich stabilności termicznej oraz etapów pirolizy. Dodatkowo, badania spektroskopowe FTIR potwierdziły obecność wiązania koordynacyjnego między metalem a ligandem. Analiza biologiczna pozwoliła określić właściwości antybakteryjne i antygrzybicze syntezowanych kompleksów.

[1] M. Gacki, K. Kafarska, A. Pietrzak, I. Korona-Glowniak, W.M. Wolf, J. Saudi Chem. Soc. 23 (2019) 346–354.

[2] L. Tabrizi, H. Chiniforoshan, P. McArdle, Spectrochim. Acta – Part A Mol. Biomol Spectrosc. 136 (2015) 429–436.

WALIDACJA METODY OZNACZANIA ZASAD PURYNOWYCH I KWASU MOCZOWEGO TECHNIKĄ CHROMATOGRAFII ODDZIAŁYWAŃ HYDROFILOWYCH

Julia Domagała

Promotor: **prof. dr hab. Rafał Głowacki**

Opiekun: **dr Agnieszka Anna Krata**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Pomorska 163/165, 90-001 Łódź*

Puryny są to aromatyczne związki heterocykliczne zbudowane z atomów węgla, azotu i wodoru. Należą do nich adenina i guanina uczestniczące w tworzeniu DNA i RNA oraz ksantyna i hipoksantyna [1]. Kwas moczowy to ostatni produkt metabolizmu puryn w organizmie człowieka. W zdrowym organizmie występuje on w niewielkiej ilości, a jego nadmiar (hiperurykemia) może prowadzić do podagry [2]. Zasady purynowe występują w produktach spożywczych, lekach i suplementach diety, dlatego konieczne jest monitorowanie ich zawartości w płynach biologicznych [3].

Jednym z celów podjętych badań była walidacja opracowanej metody rozdzielania i ilościowego oznaczania czterech zasad purynowych i kwasu moczowego techniką chromatografii oddziaływań hydrofilowych (ang. *Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography, HILIC*). Walidacja metody analitycznej to działania mające na celu wykazanie, że dana metoda została opracowana poprawnie i umożliwia uzyskanie wiarygodnych wyników. Według wymagań normy ISO/IEC 17025:2018-2, cechy charakterystyczne zwalidowanych metod mogą obejmować: zakres pomiarowy, dokładność, niepewność wyników pomiarów, granicę wykrywalności, granicę oznaczalności, selektywność metody, liniowość, powtarzalność, odporność na czynniki zewnętrzne czy też wrażliwość na zakłócenia pochodzące z matrycy próbek.

W niniejszej pracy magisterskiej określono następujące cechy: zakres liniowości krzywych kalibracyjnych, powtarzalność, precyzję i dokładność metody wewnątrz- i międzydniową, granice wykrywalności i oznaczalności. Przeprowadzona walidacja wykazała liniowość krzywych kalibracyjnych w zakresie stężeń 0,1-150 mg/l, zadowalającą dokładność i wysoką precyzję pomiarów, a także możliwość uzyskania względnie niskich granic wykrywalności dla analizowanych związków. Zwalidowana metoda umożliwiła oznaczenie zawartości zasad purynowych i kwasu moczowego w próbkach dostępnych na polskim rynku. W wybranych produktach oznaczono zawartość adeniny (0,05-0,24 mg/g) oraz ksantyny (0,01-0,03 mg/g). Stężenia pozostałych związków były poniżej granicy wykrywalności opracowanej metody ($< 17 \times 10^{-5}$ mg/g).

[1] E. Rosenberg, In It's in Your DNA, Elsevier, 2017, 9–16.

[2] R. Hafez, T.M. Abdel-Rahman, R.M. Naguib, J. Adv. Res. 8 (2017) 475–486.

[3] J. Aaron, Encyclopedia of Analytical Science, Elsevier, 2019, 432–444.

ELEKTROCHEMIA KOMPLEKSÓW METALOKARBONYLOIMIDÓW. BADANIA WSTĘPNE

Maryia-Mazhena Dzemidovich

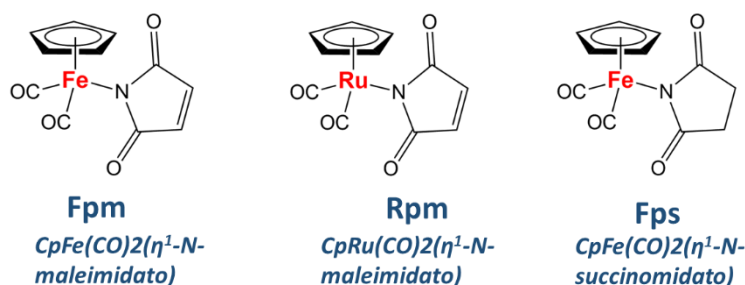
Promotor/Opiekun: dr Andrzej Leniart

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Kompleksy metalokarbonylowe, znane również jako cząsteczki uwalniające tlenek węgla (CORM), zawierające imidy, mogą służyć jako nowe związki do przezwyciężania oporności na antybiotyki. Charakteryzują się działaniem przeciwzapalnym, przeciwapoptotycznym, przeciwmiażdżycowym, antyproliferacyjnym i cytoprotekcyjnym [1]. Jednym ze sposobów działania farmakologicznego tego typu związków są reakcje utleniania i redukcji.

Celem prezentowanej pracy było określenie aktywności elektrochemicznej kompleksów metalokarbonylowych (Fe, Ru) z ligandami maleimidowymi i sukcy nimidowymi (Fpm, Rpm i Fps).

Synteza 3-podstawionych kompleksów metalokarbonylowych (Fe, Ru) z ligandami maleimidowymi i sukcy nimidowymi (Fpm, Rpm i Fps, Rys. 1) została przeprowadzona w oparciu o reakcję fotochemiczną $(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)\text{M}(\text{CO})_2\text{I}$ (M = Fe, Ru) z maleimidem lub sukcy nimidem w obecności diizopropylaminy.



Rys. 1. Wzory chemiczne kompleksów metalokarbonylowych.

Badania elektrochemiczne zsyntetyzowanych kompleksów metalokarbonylowych Fpm, Rpm i Fps przeprowadzono na elektrodzie z węgla szklistego w roztworach buforowych Brittona-Robinsona przy pH 5, 7 i 10, stosując voltamperometrię cykliczną (CV) i elektrochemiczną spektroskopię impedancyjną (EIS). Dodatkowo scharakteryzowano pracującą elektrodę z węgla szklistego w roztworze wzorcowego układu redoks Fe(III)/Fe(II) za pomocą CV i EIS oraz określono właściwości topograficzne powierzchni elektrody za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM).

[1] R. Motterlini, L.E. Otterbein, Nat. Rev. Drug Discov. 9 (2010) 728–743.

CHARAKTERYSTYKA PIERWIASTKOWA WYBRANYCH NAPOJÓW ENERGETYCZNYCH I IZOTONICZNYCH

Igor Gabrych

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

Opiekun: **dr inż. Magdalena Gajek**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Na przestrzeni lat obserwuje się rosnące zainteresowanie tematyką analiz składu pierwiastkowego napojów energetycznych i izotonicznych, jednakże większość badań ogranicza się do niewielkiego spektrum pierwiastków (głównie metale ciężkie). Na uwagę zasługuje również fakt, że nie istnieją żadne polskie bądź międzynarodowe rozporządzenia dotyczące maksymalnych zawartości poszczególnych pierwiastków w napojach energetycznych i izotonicznych.

Celem pracy było dokonanie ogólnej charakterystyki wielopierwiastkowej napojów energetycznych i izotonicznych oraz zróżnicowanie uzyskanych wyników ze względu na parametry takie jak: rodzaj i marka badanych napojów. Dokonano również oceny wpływu materiału opakowaniowego (puszki aluminiowej i butelki szklanej) na stężenia oznaczanych pierwiastków w wybranej marce napojów energetycznych. Uzyskane dane odniesiono do obowiązujących norm dla wody pitnej oraz napojów bezalkoholowych.

Pomiar stężeń łącznie 24 pierwiastków (Ag, Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sn, Sr, Ti oraz Zn) w 28 próbkach napojów energetycznych i 11 próbkach napojów izotonicznych został przeprowadzony za pomocą: spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS), optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-OES) oraz techniki generowania zimnych par rtęci w atomowej spektrometrii absorpcyjnej (CVAAS). Dodatkowo została zbadana wartość pH wszystkich analizowanych próbek.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że rozróżnienie napojów energetycznych od izotonicznych w największym stopniu możliwe jest na podstawie stężeń Cu, Fe, K, S, Mn, Co oraz Ni. W obrębie napojów energetycznych jedna z 8 analizowanych marek cechowała się unikalnymi stężeniami pierwiastków takich jak: Ba, Fe, K, Mg, Sr oraz Sn. Z kolei analiza napojów izotonicznych pozwoliła na zaobserwowanie, iż produkty jednej z badanych marek cechowały się wyższymi średnimi stężeniami Ca, Sr oraz Ni względem drugiej. Zaobserwowano również podwyższone stężenia Al, Mn i Cu w napojach energetycznych które przechowywane były w puszkach aluminiowych względem tych samych napojów przechowywanych w butelkach szklanych, oraz podwyższone stężenie Na w napojach energetycznych przechowywanych w butelkach szklanych względem tych samych napojów przechowywanych w puszkach aluminiowych. Pozwala to na wnioskowanie, że pierwiastki będące podstawowymi składnikami materiału opakowaniowego, uwalniane są z niego w największym stopniu.

SYNTEZA, BADANIA SPEKTROSKOPOWE, TERMICZNE I BIOLOGICZNE ZWIĄZKÓW KOORDYNACYJNYCH METALI Z INDOMETACYNĄ – POPULARNYM LEKIEM PRZECIWZAPALNYM

Natalia Gierczak

Promotor: **dr inż. Karolina Kafarska**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Indometacyna jest pochodną kwasu indolooctowego. Zalicza się do grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych. Jest jednym z najbardziej skutecznych leków przeciwreumatycznych, powszechnie stosowanym w takich schorzeniach, jak: dna moczanowa, choroba zwyrodnieniowa stawów, ostry ból stawów. Została zsyntetyzowana w 1963 roku, a po dwóch latach Amerykańska Agencja Żywności i Leków (FDA) zatwierdziła ją jako lek o właściwościach przeciwzapalnych, przeciwbólowych i przeciwgorączkowych [1].

Indometacyna, tak jak inne niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) działa na zasadzie hamowania syntezy prostaglandyn, które pośredniczą w rozwoju reakcji zapalnych w organizmie. NLPZ blokują syntezę prostaglandyn poprzez wpływ na aktywność cyklooksygenazy (COX). Jest to enzym odpowiedzialny za syntezę prostaglandyn z kwasu arachidowego [2]. Istnieją dwie główne izoformy cyklogenazy: COX-1 i COX-2. Pod względem powinowactwa do cyklogenazy niesteroidowe leki przeciwzapalne można podzielić na selektywne i nieselektywne. Nieselektywne blokują zarówno COX-1 oraz COX-2. Selektywne natomiast są inhibitorami izoformy COX-2. Działanie przeciwzapalne NLPZ wynika z blokowania formy COX-2, natomiast inhibicja COX-1 wpływa na występowanie działań niepożądanych w przewodzie pokarmowym [3].

Znalezienie selektywnych niesteroidowych leków przeciwzapalnych jest obecnie bardzo pożądane. Pozwala to na zwiększenie właściwości terapeutycznych oraz zmniejszenie negatywnych skutków przyjmowania leków, np. podrażnienia błony śluzowej żołądka. Alternatywą dla selektywnych NLPZ jest ich koordynacja z metalami. Podczas realizacji pracy dyplomowej opracowałam metodę syntezy związków koordynacyjnych indometacyny z metalami: magnezem, wapniem i strontem. Określiłam skład i budowę zsyntezowanych połączeń, zbadałam ich właściwości termiczne, antyoksydacyjne, przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze.

[1] D.W. Dodick, Curr. Pain Headache Rep. 8 (2004) 19–26.

[2] G.A. Green, Clin. Cornerstone 3 (2001) 50–59.

[3] D.E. Griswold, J.L. Adams, Med. Res. Rev. 16 (1996) 181-206.

PREPARATYKA I BADANIA NOWYCH SORBENTÓW SIARKOWODORU Z RUDY DARNIOWEJ, OSADU POFILTRACYJNEGO Z UZDATNIANIA WODY PODZIEMNEJ I GIPSU SYNTETYCZNEGO

inż. Paulina Golis

Promotor/Opiekun: **dr inż. Andrzej Żarczyński**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Przez stulecia rudy darniowe były drugorzędnym surowcem do wytopu żelaza oraz specyficznym kamieniem budowlanym przy wznoszeniu obwarowań, pałaców i kościołów. W ostatnich kilkudziesięciu latach rudy darniowe z powodzeniem zastosowano do usuwania siarkowodoru (H_2S) z biogazu i odgazów przemysłowych. Stwierdzono, że osady pofiltracyjne z procesów uzdatniania wody również wykazują zdolność usuwania H_2S . Aktualnie w Polsce i wielu krajach świata rośnie znaczenie rud darniowych w oczyszczaniu biogazu - jednego z odnawialnych źródeł energii (OZE). Produkcja tego paliwa umożliwia zagospodarowanie odpadowej biomasy z rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego, bioodpadów komunalnych oraz osadów ściekowych. Usuwanie H_2S z biogazu jest konieczne, bowiem podczas spalania gaz ten powoduje korozję urządzeń wytwarzających energię elektryczną i ciepłą, a także zanieczyszczenie atmosfery ditlenkiem siarki [1-3].

Celem doświadczeń było zbadanie właściwości i ocena przydatności jako potencjalnych sorbentów H_2S trzech prób rudy darniowej pozyskanej w dolinie rzeki Uchanki (Jacochów, gmina Maków, województwo łódzkie), a także trzech sorbentów formowanych otrzymanych w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej z wybranej próby tejże rudy oraz osadów pofiltracyjnych z procesu uzdatniania wody podziemnej w Rokicinach (ZWIK w Łodzi Sp. z o.o.). Do produkcji dwóch sorbentów zastosowano dodatek gipsu półwodnego z instalacji odsiarczania spalin w Elektrowni Bełchatów S.A. Otrzymane sorbenty zbadano metodami: atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-OES) - po uprzednim roztworzeniu ich w wodzie królewskiej, rentgenowskiej dyfraktometrii proszkowej (XRPD) i niskotemperaturowej adsorpcji/desorpcji azotu (BET).

Stwierdzono, że otrzymane sorbenty formowane oraz osad pofiltracyjny z uzdatniania wód podziemnych mają teksturę powierzchni (BET) wymaganą od sorbentów przemysłowych oraz wykazują właściwości sorpcyjne względem H_2S , zatem mogą być przydatne do oczyszczania biogazu.

- [1] T. Ratajczak, G. Rzepa, Polskie rudy darniowe, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2011.
- [2] E. Kociołek-Belawejder, Ł. Wilk, Przem. Chem. 3 (2011) 389–397.
- [3] A. Żarczyński, K. Rosiak, P. Anielak, W. Wolf, Acta Innovations 12 (2014) 24–34.

**ELEKTROKATALITYCZNE OZNACZANIE
4-(CHLOROACETYLO)KATECHOLU NA ELEKTRODZIE
PLATYNOWEJ MODYFIKOWANEJ
PENTACYJANONITROZYLŻELAZIANEM(III) DISODU**

Kinga Górską

Promotor/Opiekun: **dr Sławomir Domagała**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Katechol jest jednym z głównych produktów pośrednich w procesach biodegradacji węglowodorów monoaromatycznych. Pierścień katecholu może ulegać rozszczepieniu między dwiema grupami hydroksylowymi w dwojaki sposób. W pozycji *orto*-, które przeprowadzane jest z udziałem 1,2-dioksygenaz katecholowych bądź w pozycji *meta*- w stosunku do pierwszej grupy hydroksylowej, zachodzące z udziałem 2,3-dioksygenaz katecholowych. W efekcie tego rozszczepienia powstają związki alifatyczne, które przy udziale szeregu enzymów, zostają przekształcone do produktów pośrednich cyklu Krebsa. W związku z tym, że pochodne węglowodorów aromatycznych wykazują znaczną toksyczność i możliwość akumulacji w glebie i wodach gruntowych wydaje się bardzo zasadne opracowanie metod ich identyfikacji oraz ilościowego oznaczania. Istnieje kilka metod analitycznego oznaczania pochodnych katecholu technikami spektrofotometrycznymi i chromatograficznymi [1]. Jednakże, ze względu na ich ograniczoną czułość i selektywność metody elektroanalityczne mogą okazać się konkurencyjne. Bardzo przydatne mogą tu być metody wykorzystujące elektrody chemiczne modyfikowane. Dobre efekty można otrzymać stosując jako substancję modyfikującą katalizator redoks – mediator, który w procesie elektrokatalitycznym pośredniczy w reakcji utleniania lub redukcji oznaczanego substratu a sam ulega regeneracji anodowo lub katodo.

Celem mojej pracy było opracowanie metody oznaczania elektrokatalitycznego 4-(chloroacetylo)katecholu jako związku biologicznie aktywnego na elektrodzie Pt zmodyfikowanej pentacyjanonitrozylżelazianem(III) disodu (nitroprusydkiem sodu), jako mediatorem unieruchomionym na powierzchni elektrody platynowej w warstwie nafionu. W związku z tym w pierwszym etapie badań dokonano doboru elektrody roboczej oraz elektrolitu podstawowego a następnie przeprowadzono charakterystykę stosowanego mediatora. W celu ilościowego oznaczenia analizowanego katecholu zastosowano technikę pulsowej woltamperometrii różnicowej. W oparciu o uzyskane wyniki stwierdzono, że opracowana metoda ilościowego oznaczania pochodnej katecholu charakteryzuje się zwiększoną czułością oraz uzyskano obniżone wartości LOD i LOQ.

[1] M. Bhattu, D. Kathuria, B.K. Billing, M. Verma, Anal. Methods 14 (2022) 322–358.

ANALIZA CHROMATOGRAFICZNA SKŁADU PAR POWSTAŁYCH W PROCESIE WAPORYZACJI SUSZU KONOPNEGO

Katarzyna Idzikowska

Promotor: dr inż. Angelina Rosiak

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Waporyzacja uchodzi za bezpieczną metodę przyjmowania suszu konopnego w celach terapeutycznych i relaksacyjnych. W urządzeniu do waporyzacji susz podgrzewany jest do temperatury, w której uwalniają się z niego składniki bioaktywne, między innymi kannabinoidy. Jednocześnie susz nie ulega spaleniowi, przez co w powstającej parze nie występują substancje toksyczne charakterystyczne dla dymu.

Celem prezentowanych badań była analiza par suszów pod kątem zawartości związków bioaktywnych oraz oznaczenie zawartości kanabidiolu (CBD) w odniesieniu do jego zawartości deklarowanych przez producentów. Analizom poddano 10 próbek naturalnego suszu konopnego wyprodukowanego z kwiatów konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.), bez dodatków substancji aromatyzujących. Próbkę suszu poddawano waporyzacji, a następnie w układzie zamkniętym przez 20 minut metodą ekstrakcji SPME adsorbowano składniki powstałych par. Analizę prowadzono z wykorzystaniem chromatografu gazowego łączonego ze spektrometrem mas z analizatorem czasu przelotu (GC TOFMS). W parach zidentyfikowano związki bioaktywne charakterystyczne dla materiału roślinnego, głównie terpeny. Uzyskane wyniki wskazują także, że udział kannabidiolu w parach jest nieznaczny, niezależnie od deklarowanej zawartości tego kannabinoidu w suszu.



Badane próbki suszu konopnego w oryginalnych opakowaniach.

ZNACZENIE NANOCZĄSTEK TLENKU CERU W PROCESIE FOTOSYNTETY FASOLI ZWYCZAJNEJ

Magda Jałowiecka

Promotor: **dr inż. Elżbieta Skiba**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Prezentowane wyniki dotyczą prowadzonych od pewnego czasu w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej badań wpływu nanocząstek tlenku ceru(IV) na rozwój i wydajność procesu fotosyntezy w roślinach. Rośliną poddaną badaniom była fasola zwyczajna Adzuki (*Phaseolus vulgaris*), uprawiana metodą hydroponiczną. Uprawy prowadzono w trzech równoległych wariantach. Pierwszą serię stanowiła fasola rosnąca w roztworze pożywki Hoaglanda wolnej od dodatków. Seria druga obejmowała rośliny, których korzenie kontaktowały się z pożywką wzbogaconą nanocząstkami CeO_2 dodanymi w takiej ilości, aby odpowiadała stężeniu ceru w roztworze 100 mg/L. Natomiast w serii trzeciej, aby ilość dodanych nanocząstek, odpowiadała stężeniu ceru 500 mg/L. Działaniu nanometrycznego tlenku poddano siewki fasoli mające 16 dni. Korzenie fasoli kontaktowały się z wzbogaconą pożywką przez 8 dni. Na zakończenie uprawy oznaczono zawartość chlorofilu, przeprowadzono pomiary parametrów opisujących wymianę gazową zachodzącą w liściach roślin (transpirację, międzykomórkowe stężenie CO_2 , przewodność szparkową, fotosyntetyczne zużycie wody) oraz wartość fotosyntezy netto. W dalszej części oddzielono korzenie roślin od części nadziemnych. Materiał roślinny wysuszono i poddano mineralizacji na mokro w układzie zamkniętym. W mineralizatach wykonano oznaczenie wybranych pierwiastków w pędach i korzeniach. Zawartość Cu, Fe, Mn i Zn oznaczono metodą HR-CS AAS (ang. *High Resolution Continuum Source Atomic Absorption Spectrometry*), natomiast Na, Mg i Ce metodą ICP-OES (ang. *Inductively Coupled Source Atomic Emission Spectrometry*).

OCENA MOŻLIWOŚCI JEDNOCZESNEGO WOLTAMPEROMETRYCZNEGO OZNACZANIA WYBRANYCH FUNGICYDÓW NA ELEKTRODZIE DIAMENTOWEJ DOMIESZKOWANEJ BOREM

Weronika Janczak

Promotor/Opiekun: **dr Mariola Brycht**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Fungicydy to związki chemiczne, które wnikają do tkanek roślinnych i rozprzestrzeniają się po całej roślinie, uniemożliwiając rozwój patogenów grzybów [1]. Do fungicydów należą m.in.: biksafen, fluopyram i protiokonazol, które wchodzi w skład środka grzybobójczego ASCRA Xpro 260EC. Biksafen i fluopyram to inhibitory dehydrogenazy bursztynianowej, natomiast protiokonazol to inhibitor biosyntezy steroli (inhibitor demetylacji) [2].

Głównym celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości jednoczesnego woltamperometrycznego oznaczania biksafenu, fluopyramu i protiokonazolu na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem (BDDE). Szczegółowe badania aktywności elektrochemicznej każdego fungicydu przeprowadziłam z wykorzystaniem techniki woltamperometrii fali prostokątnej (SWV) w elektrolicie podstawowym (bufor Brittona-Robinsona (BRB)) o szerokim zakresie pH 2,0–12,0. Stwierdziłam, że biksafen i protiokonazol ulegają utlenianiu na BDDE w szerokim zakresie pH od 2,0 do 12,0, natomiast fluopyram nie wykazuje aktywności elektrochemicznej na BDDE. W kolejnym etapie zbadalam wpływ pH BRB na separację sygnałów utleniania biksafenu i protiokonazolu z wykorzystaniem techniki SWV. Jako optymalne środowisko do jednoczesnego oznaczania biksafenu i protiokonazolu wybrałam BRB o pH 3,0. Stwierdziłam, że możliwe jest jednoczesne woltamperometryczne oznaczanie biksafenu i protiokonazolu na BDDE w zakresie 5,0–80,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (LOD = 1,54 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dla biksafenu i LOD = 1,53 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dla protiokonazolu).

Badania finansowane ze Studenckiego Grantu Badawczego Uniwersytetu Łódzkiego.

- [1] R. Özcan, Ç. Büyükpınar, S. Bakırdere, J. Environ. Sci. Health B 55 (2020) 1041.
[2] X. Jing, X. Huang, H. Wang, H. Xue, B. Wu, X. Wang, L. Jia, Food Chem. 348 (2021) 129147.

ANALIZA SKŁADU PIERWIASTKOWEGO PRÓBEK GLEBY POCHODZĄCYCH Z CENTRALNEJ POLSKI

Damian Kryszczak

Promotor: **prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik**

Opiekun: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Gleby miejskie i pyły uliczne gromadzą różne zanieczyszczenia w tym pierwiastki toksyczne, pochodzące z różnych źródeł antropogenicznych. Bezpośrednia charakterystyka gleb w odniesieniu do zanieczyszczenia pierwiastkami toksycznymi może być potencjalnie wykorzystana jako skuteczne narzędzie naukowe do diagnozowania źródeł zanieczyszczenia. Zweryfikowane wskaźniki oceny jakości gleb wydają się być niezbędne do pełnego zrozumienia przestrzennej heterogeniczności gleb pobranych z obszarów miejskich [1–3].

Celem niniejszej pracy było ilościowe określenie stężeń wybranych pierwiastków i ocena zmienności ich poziomów w glebach miejskich. W ramach badań uwzględniono około 70 punktów pobierania próbek w województwie łódzkim w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu. Przygotowanie próbek gleby obejmowało suszenie materiałów glebowych, przesiewanie i mielenie w moździerzu porcelanowym. Odważone próbki (ok. 0,3 g) poddano działaniu mieszaniny 4,5 ml HNO_3 (Baker) i 1,5 ml HCl (Merck). Po rozkładzie próbek w zamkniętym układzie z udziałem energii mikrofalowej (system UltraWave - Milestone) próbki przeniesiono do kolb o pojemności 50 ml, przefiltrowano przy użyciu zestawu do filtracji próżniowej.

Poziomy wybranych pierwiastków oznaczono ilościowo przy użyciu technik optycznej spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie ICP-OES, iCap 7400, Thermo Fisher Scientific (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Pt, Zn, Fe, techniki absorpcyjnej spektroskopii atomowej AAS, contra 800, analytikjena (Pt) oraz techniki absorpcyjnej spektroskopii atomowej w układzie zimnych par CVAAS, MA-3000, NIC (Hg). Uzyskane wyniki porównano z wartościami podanymi w literaturze oraz regulacjami krajowymi. Do określenia różnic pomiędzy badanymi grupami zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Stopień korelacji pomiędzy poziomami analizowanych pierwiastków oceniono za pomocą macierzy korelacji rang Spearmana. Ponadto zastosowano analizę PCA w celu identyfikacji parametrów odpowiedzialnych za grupowanie się próbek oraz w celu redukcji liczby zmiennych. Zastosowana analiza wielowymiarowa okazała się pomocna w identyfikacji zależności pomiędzy poziomami badanych pierwiastków oraz pozwoliła na zaobserwowanie tworzenia się klastrów w oparciu o określone parametry np. względem odległości od dróg o dużym natężeniu ruchu czy rodzaju gleby.

- [1] R. O'Riordan, J. Davies, C. Stevens, J.N Quinton, C. Boyko, *Geoderma* 395 (2021) 1–12.
- [2] S. Modabberi, M. Tashakor, N. Sharifi Soltani, *Environ. Monit. Assess* 190 (2018) 1–18.
- [3] Q. Mao, G. Huang, A. Buyantuev, J. Wu, S. Luo, K. Ma, *Ecol. Process* 3 (2014) 1–19.

BADANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH KWASU 1,3-TIAZYNO-4-KARBOKSYLOWEGO

Beata Kukula

Promotor: **prof. dr hab. Rafał Głowacki**

Opiekun: **dr Justyna Piechocka**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

Powszechnie wiadomo, że aldehydy ulegają nieenzymatycznej reakcji kondensacji z aminokwasami tiolowymi. Pierwsze informacje w literaturze naukowej dotyczące możliwości powstawania kwasu 1,3-tiazyno-4-karboksyłowego (TCA), stanowiącego produkt reakcji homocysteiny (Hcy) lub jej tiolaktonu (HTL) z formaldehydem (FA), w warunkach imitujących fizjologiczne pojawiły się w latach 50-tych ubiegłego wieku [1]. Pomimo upływu wielu lat, wciąż brakuje podstawowych informacji dotyczących jego właściwości fizykochemicznych. Dotychczas opracowano jedną metodę, wykorzystującą technikę chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas, której zastosowanie umożliwiło potwierdzenie, że reakcja Hcy/HTL z FA zachodzi w warunkach *in vivo* (w organizmie człowieka), a powstały TCA jest wydalany z organizmu człowieka z moczem [2]. Rola jaką TCA odgrywa w organizmach żywych pozostaje niewyjaśniona.

Głównym celem badań było dostarczenie informacji na temat wybranych właściwości fizykochemicznych TCA. Cele pośrednie obejmowały określenie: 1) rozpuszczalności TCA w wybranych rozpuszczalnikach wodnych i organicznych, 2) stabilności TCA w różnych warunkach (temperatury, pH) w roztworach wodnych, 3) stałych dysocjacji TCA, 4) zdolności TCA do absorpcji / fluorescencji promieniowania w zakresie światła widzialnego i ultrafioletowego, 5) warunków pracy tandemowego spektrometru mas umożliwiających rejestrację sygnału TCA. Na podstawie wnikliwych badań literaturowych stwierdzono, że dotychczas nie przeprowadzono badań w tym zakresie.

Badania zostały sfinansowane, między innymi ze środków finansowych pozyskanych na realizację projektu zatytułowanego „Badanie wybranych właściwości fizykochemicznych kwasu 1,3-tiazyno-4-karboksyłowego” w ramach konkursu Studenckie Granty Badawcze Uniwersytetu Łódzkiego, edycja 2022.

[1] J.C. Wriston, C.G. Mackenzie, J. Biol. Chem. 225 (1957) 607–613.

[2] J. Piechocka, N. Litwicka, R. Głowacki, Int. J. Mol. Sci. 23 (2022) 598.

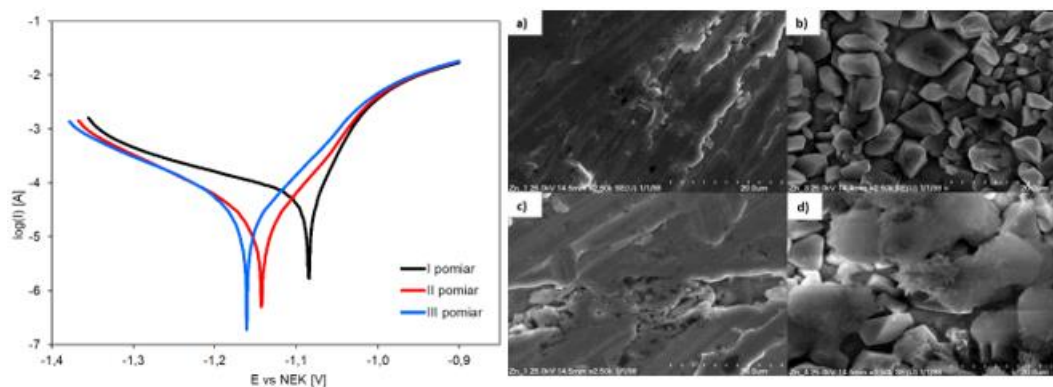
ZIELONE INHIBITORY W OCHRONIE METALI PRZED KOROZJĄ

Michał Laszczyk

Promotor: **dr hab. inż. Elżbieta Kuśmierek**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania zastosowaniem roślinnych ekstraktów jako zielonych inhibitorów w ochronie przed korozją [1,2]. Ogromne koszty spowodowane stratami korozyjnymi, skłaniają do poszukiwania nowych metod ochrony przed korozją, zwłaszcza z zastosowaniem inhibitorów przyjaznych dla środowiska [3]. W niniejszej pracy zbadano możliwość wykorzystania kwasu kofeinowego w ochronie cynku przed korozją w środowisku chlorku sodu. Badania wykonano metodami elektrochemicznymi, wyznaczono podstawowe parametry korozji: potencjał obwodu otwartego, potencjał korozyjny, gęstość prądu korozyjnego, szybkość korozji, opór polaryzacyjny i współczynnik anodowy i katodowy Tafela. Największą wydajność inhibicji (83%) otrzymano dla Zn zmodyfikowanego poprzez nałożenie 5 warstw kwasu z etanolowego roztworu ($20 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Kwas kofeinowy wykazuje właściwości inhibitora anodowo-katodowego. W pracy przedstawiono również kalkulację kosztów ochrony obiektu zabytkowego kwasem kofeinowym.



Rys. 1. Krzywe polaryzacji Zn i fotografie SEM próbek Zn: oczyszczony Zn (a), Zn skorodowany w NaCl (b), Zn pokryty kwasem kofeinowym (c) i skorodowany w NaCl (d).

- [1] S. Marzorati, L. Verotta, S.P. Trasatti, *Molecules* 24 (2019) 48.
- [2] A. Miralrio, A.E. Vázquez, *Processes* 8 (2020) 942.
- [3] L. Vrsalović, S. Gudić, M. Klišić, E.E. Oguzie, L. Carev, *Int. J. Electrochem. Sci.* 11 (2016) 459–474.

ZASTOSOWANIE TECHNIKI LA-ICP-MS W ANALIZIE ŚLADÓW POMADEK NA PODŁOŻU PAPIEROWYM

Maria Oleszczak

Promotor: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Kosmetyki są używane do upiększania i ozdabiania skóry począwszy od czasów starożytnych. Stanowią współcześnie integralną część ludzkiej kultury. W chwili obecnej tzw. rozmazy zawierające różnego rodzaju produkty kosmetyczne są niejednokrotnie odnajdywane na miejscach zdarzenia, co wynika z ogromnej łatwości z jaką kosmetyki przenoszone są na różne podłoża oraz z ich rozpowszechnienia. Kosmetyki mogą być wykorzystane jako element łączący podejrzanego lub ofiarę z miejscem przestępstwa. Niewątpliwie uzyskanie dodatkowych informacji z samego rozmazu kosmetycznego odnośnie marki czy rodzaju produktu, może istotnie wzmocnić wartość dowodową, zwłaszcza biorąc pod uwagę dość duże zróżnicowanie asortymentu tego typu produktów na polskim rynku.

Celem niniejszej pracy było porównanie możliwości identyfikacyjnych technik nieniszczących tj. LA-ICP-MS (mikropróbkiowania laserowego w połączeniu ze spektrometrią mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie) z technikami o charakterze niszczącym tj. ICP-MS i ICP-OES (spektrometrii mas oraz optycznej spektroskopii emisyjnej ICP) w analizie szminek (techniki ICP) i ich rozmazów (technika LA-ICP-MS) jako potencjalnych śladów kryminalistycznych. Ponadto, przeprowadzono analizę za pomocą testów nieparametrycznych oraz analizę głównych składowych PCA, w celu zbadania potencjalnej zależności między poziomami badanych metali w odniesieniu do rozważanych czynników (takich jak kolor, marka czy kraj pochodzenia). Za pomocą techniki ICP-MS (X-Series, *Thermo*) oznaczono stężenie Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ni i Pb. Przy wykorzystaniu techniki ICP-OES (iCAP 7400, *Thermo*) oznaczono stężenie Al, Ba, Fe, Mn, Sr. Przed analizą ilościową konieczne było wstępne przygotowanie próbek. Około 200 mg próbki potraktowano mieszaniną 4 ml 65% HNO₃ (*Baker*) i 1 ml 30% H₂O₂ (*Stanlab*). Proces trawienia był prowadzony w zamkniętym układzie ciśnieniowym i wspomagany udziałem energii mikrofalowej (UltraWave, *Milestone*). Ponadto, w celach porównawczych wybrane próbki zbadano wykorzystując technikę nieniszczącą próbkę w postaci systemu do mikropróbkiowania laserowego (*LUV*, 266 nm) w połączeniu ze spektrometrią mas ICP-MS (X-Series, *Thermo*). Spośród rozpatrywanych czynników najbardziej istotnym parametrem była firma. Pierwiastkami mającymi największy związek z analizowanymi kryteriami były Co, Cr, Mn i Sr. Za pomocą technik typu ICP oraz LA-ICP-MS udało się dla wybranych firm zidentyfikować składniki, które można uznać za charakterystyczne dla danego producenta. Ujawnione zależności dla tych technik były analogiczne, przy czym technikę LA-ICP-MS można uznać za praktycznie nieniszczącą.

OPRACOWANIE CHROMATOGRAFICZNEJ METODY OZNACZANIA WYBRANYCH FURANOKUMARYN W ROŚLINACH

Paulina Owczarek

Promotor/Opiekun: **dr hab. Grażyna Chwatko, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Furanokumaryny stanowią grupę organicznych związków chemicznych syntezowanych przez rośliny jako produkty metabolizmu wtórnego, charakteryzujących się zróżnicowaną strukturą. Wśród nich można wyszczególnić związki zarówno o budowie liniowej (m.in. psoralen), jak i kątowej (m.in. angelicina) [1], których obecność stwierdza się wśród rodzin selerowatych, morwowatych, rutowatych, bobowatych, stąd ich stężenie można oznaczyć w roślinach takich jak seler, marchew, pietruszka, korzeń biedrzeńca, aminek większy [2,3]. Omawiane substancje odznaczają się wielokierunkową aktywnością biologiczną (np. działanie antynowotworowe, owadobójcze), dzięki czemu znalazły szereg praktycznych zastosowań. Najbardziej rozpowszechnione jest wykorzystanie psoralenów, które wraz z promieniowaniem UV-A tworzą terapię PUVA (ang. *Psoralen UltraViolet A*), czyli fotochemioterapię stosowaną w dolegliwościach dermatologicznych. Dzięki ich właściwościom fotouczulającym zwalczana jest w szczególności łuszczyca bądź bielactwo nabyte. Niemniej jednak należy mieć na uwadze, że nadmierna ekspozycja na owe związki może prowadzić do rozwoju fitofotodermatoz [1].

Podstawowym celem badań realizowanych w ramach pracy magisterskiej było opracowanie nowej, a zarazem prostej metody oznaczania psoralenu i angelicyny w produktach roślinnych, w oparciu o technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej w odwróconym układzie faz, wraz z wykorzystaniem detekcji spektrofotometrycznej. Optymalizacji poddano zarówno warunki rozdziału chromatograficznego (dokonano doboru analitycznej długości fali, składu fazy ruchomej, prędkości przepływu, temperatury kolumny, rodzaju elucji), jak i procedurę przygotowania próbek ziół oraz warzyw do analizy, która obejmowała głównie wykonanie ekstrakcji, wirowania, a także filtracji ekstraktu przed wprowadzeniem go do kolumny Zorbax C-18. W celu potwierdzenia wiarygodności stworzonej metody, poddano ją procesowi walidacji, który wykazał, iż spełnia ona kryteria akceptacji i nadaje się do oznaczania wybranych furanokumaryn w przygotowanych ekstraktach. Ostatecznie metodę zastosowano do analizy 27 próbek rzeczywistych, umożliwiając wykrycie monitorowanych związków w *Psoralea corylifolia*, czystku, mięcie, jemiole, selerze naciowym, korzeniu selera, natce pietruszki. Uzyskane w trakcie eksperymentu wyniki pozwoliły na stwierdzenie, iż w efekcie podjętych działań osiągnięto wyznaczony cel badawczy.

[1] K. Kosidło, A. Żurek, K. Zarosa, *Nauki przyrodnicze* 3 (2015) 3–11.

[2] A. Nikiel, *Kosmetologia Estetyczna* 3 (2017) 231–238.

[3] J.A. Del Rio, L. Diaz, D. Garcia-Bernal, M. Blanquer, A. Ortuno, E. Correal, J.M. Moraleda, *Stud. Nat. Prod.* 43 (2014) 145–195.

CHARAKTERYSTYKA SKŁADU PIERWIASTKOWEGO RÓŻNYCH ODMIAN RYŻU

Magdalena Roguz

Promotor: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Ryż cechuje się doskonałymi walorami odżywczymi. Jest źródłem węglowodanów, białka, tłuszczów wielonienasyconych, błonnika. W jego składzie znajdują się witaminy z grupy B. Dodatkowo ryż obfituje w magnez, cynk, fosfor, żelazo, mangan, miedź, selen. Zatem informacje dotyczące jego składu pierwiastkowego są istotne zarówno z punktu widzenia samego żywienia, w tym możliwego zagrożenia toksykologicznego jak i pod kątem prowadzenia tzw. autentykacji żywności. Na półkach sklepowych można spotkać różne postacie ryżu. Ryż biały to ryż bielony, z którego usunięto łuskę (twardą skorupę ochronną), otręby (warstwa zewnętrzna) i zarodki (rdzeń wewnętrzny). Ryż brązowy jest mniej przetworzony, twardszy (z ziaren usuwana jest jedynie zewnętrzna, niejadalna warstwa pozostawiając warstwę otręb). Ma on więcej białka, tłuszczu, błonnika, witamin, składników mineralnych, bioaktywnych fitozwiązków. Dziki ryż to trawiasta roślina jednoroczna spotykana pod nazwą *Zizania aquatica*. Nazwa ryż jaśminowy pochodzi natomiast od jego aromatycznego zapachu przypominającego woń kwiatów jaśminu (co wynika z obecności w jego składzie 2-Acetylo-1-piroliny). Z kolei, ryż *Basmati* to odmiana charakteryzująca się długim i smukłym ziarnem, ma mniej skrobi, jest puszysty i bardzo delikatny. Najlepsze ziarno ryżu *Basmati* uprawiane jest u podnóża Himalajów. Ryż *Basmati* ze względu na swoje cenne właściwości jest sprzedawany po wyższej cenie, co czyni go częstym obiektem zafałszowań [1]. Celem podjętych badań była ocena zróżnicowania składu pierwiastkowego próbek ryżu dostępnych na polskim rynku. Dodatkowym aspektem badań było ustalenie, czy poszczególne rodzaje ryżu (w tym ryż typu *Basmati*) mogą zostać od siebie odróżnione w oparciu jedynie o ich skład pierwiastkowy. Całkowitą zawartość Hg w próbkach ryżu oznaczono techniką zimnych par w atomowej spektroskopii absorpcyjnej CVAAS przy użyciu automatycznego analizatora rtęci MA-3000 (NIC). Przed analizą technikami GFAAS i ICP-OES konieczne było wstępne przygotowanie próbek. próbki ryżu po utarciu w moździerzu agatowym zalano 4 ml stężonego kwasu azotowego (*Baker*). Rozkład wspomagany udziałem energii mikrofalowej przeprowadzono w zamkniętym układzie ciśnieniowym (UltraWave, *Milestone*). Poziom As oraz Se zmierzono techniką atomowej spektroskopii absorpcyjnej z atomizacją w kuwecie grafitowej GFAAS (Solaar M6, *Unicam Atomic Absorption*). Pomiaru stężeń pozostałych składników (m.in. Ca, Mg, S, P, Cu, Fe, Mn) dokonano techniką optycznej spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie ICP-OES (iCAP 7400, *Thermo*).

[1] M. Woolfe, K. Steele, The Authenticity of Basmati Rice – A Case Study, Food Chemistry, Function and Analysis (Chapter 19), 2019.

OPRACOWANIE CHROMATOGRAFICZNEJ METODY OZNACZANIA BAKUCHIOŁU W KOSMETYKACH

Aleksandra Sarniak

Promotor/Opiekun: **dr. hab. Grażyna Chwatko prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

4-[(1E,3S)-3-etenyl-3,7-dimetylookta-1,6-dien-1-yl]fenol, wyizolowany po raz pierwszy przez G. Mehta w 1966 roku, to jeden ze związków otrzymywanych w głównej mierze z nasion *Psoralea corylifolia* [1]. Pomimo, że pierwsza kompleksowa synteza tego związku została przeprowadzona w 1973 roku [2], to dopiero w 2007 roku znalazł swoje komercyjne zastosowanie wraz z wprowadzeniem na rynek pod nazwą handlową Sytenol A przez firmę Sytheon Ltd [3].

Po licznych badaniach przeprowadzonych na przełomie ostatnich lat, udowodniono wiele prozdrowotnych właściwości bakuchiolu takich jak działanie przeciwzapalne, przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne, przeciwstarzeniowe czy antyoksydacyjne. W związku z tym bakuchiol znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznych, a jak wskazuje *Cosmetic Ingredient Database*, może być on wykorzystywany w sposób bezpieczny w produktach kosmetycznych. Na półkach sklepowych można znaleźć go jako składnik kosmetyków przeciwzmarszczkowych, przeciwstarzeniowych, obok kosmetyków z retinolem, ze względu na fakt, że bakuchiol jest uważany za jego „naturalny zamiennik”. Ze względu na tak duże zainteresowanie tą substancją, zaczęto badać ją pod kątem zastosowania w branży farmakologicznej, udowadniając jej właściwości przeciwnowotworowe czy przeciwdepresyjne [4]. W zasobach literaturowych nie znajdziemy jednak metody, która pozwoliłaby na oznaczenie rzeczywistej ilości tego związku w wyrobach kosmetycznych.

Celem badań było opracowanie chromatograficznej metody oznaczania bakuchiolu w kosmetykach wykorzystując technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją spektrofotometryczną. Badania prowadzono na kolumnie C-18 przy zastosowaniu elucji izokratycznej.

[1] G. Mehta, U.R. Nayak, Sukh Dev, *Tetrahedron Lett.* 7 (1966) 4561–4567.

[2] N.P. Damodaran, S. Dev, *Tetrahedron* 29 (1973) 1209–1213.

[3] R.K. Chaudhuri, Bakuchiol: A Retinol-like Functional Compound, Modulating Multiple Retinol and Non-Retinol Targets. [w] *Cosmeceuticals and Active Cosmetics*, CRC Press, Boca Raton, 2015.

[4] K. Jaferník, H. Ekiert, S. Ercisli, A. Szopa, *Nat. Prod. Res.* 35 (2021) 5828–5842.

SKŁAD PIERWIASTKOWY WYBRANYCH ZIOŁ I EKSTRAKTÓW ZIOŁOWYCH

Jonasz Starkiewicz

Promotor: **dr inż. Aleksandra Pawlaczek**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Zioła to postać leku, która składa się z jednego lub kilku wysuszonych i rozdrobnionych surowców roślinnych. Przygotowuje się z nich nalewki, wyciągi, a także odvary, napary i maceracje. W warunkach domowych najczęściej sporządza się wyciągi wodne z ziół metodą zaparzania. Napary herbaciane i ziołowe są jednymi z najpopularniejszych napojów bezalkoholowych na świecie, ze względu na aromat, smak, zapach, różnorodność rodzajów. Są one przygotowywane z różnych części lub mieszanki roślin tj. kwiatów, liści, owoców, ziół, kory i korzeni. Herbata i zioła mają złożony skład chemiczny. Oprócz związków organicznych, takich jak flawonoidy, aminokwasy, białka, enzymy, witaminy, substancje aromatyzujące, olejki eteryczne i węglowodany, charakteryzują się wysoką zawartością pierwiastków głównych i śladowych. Skład pierwiastkowy jest charakterystyczny dla rodzaju zioła i jest przede wszystkim wiązany z procesem produkcyjnym i pochodzeniem geograficznym roślin. Według danych literaturowych codzienne spożywanie naparów herbacianych i ziołowych znacząco przyczynia się do wprowadzenia do diety pierwiastków niezbędnych dla zdrowia człowieka, takich jak Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Se, V i Zn [1].

Celem podjętych badań było oszacowanie poziomów i różnic w składzie pierwiastkowym poszczególnych grup ziół, podjęcie próby klasyfikacji próbek, ocena bezpieczeństwa analizowanych próbek w odniesieniu do wytycznych WHO, Unii Europejskiej i danych literaturowych, ustalenie stopnia przechodzenia badanych składników pod wpływem parzenia wybranych ziół, wykorzystanie analiz wielowymiarowy i testów statystycznych w procesie dyskryminacji i klasyfikacji próbek. Przedmiotem badań były próbki ziół ogólnodostępnych na polskim rynku spożywczym. Były to produkty w postaci *instant*: saszetki i torebki z przetartym ziołem w postaci miałkiej oraz w postaci całego surowca. Pomiar stężeń wybranych pierwiastków po uprzednim rozkładzie próbek w mieszaninie stężonego kwasu azotowego i perhydrolu w ciśnieniowym układzie zamkniętym z udziałem energii mikrofalowej (UltraWave firmy Milestone) dokonano przy użyciu techniki optycznej spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie ICP-OES (iCAP 7400, Thermo). Badania dowiodły, że mieszanki ziół z dodatkami mogły być odróżnione od poszczególnych rodzajów ziół dzięki istotnym statystycznie różnicom w składzie, zwłaszcza dotyczyło to stężeń Ca, K, S, Sr. Proces parzenia ziół ma minimalny wpływ na uwalnianie składników, co skutkuje znacznie niższymi stężeniami w ekstraktach w porównaniu do surowych próbek.

[1] R. Dalipi et. al, J. Food Compost. Anal. 67 (2018) 128–134.

OPTIMALIZACJA PROCESU PRZYGOTOWANIA PRÓBEK ŚLINY DO OZNACZANIA CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI WYBRANYCH NISKOCZĄSTECZKOWYCH ZWIĄZKÓW SIARKI

Urszula Sudomir

Promotor: **dr hab. Paweł Kubalczyk, prof. UŁ**

Opiekun: **dr Justyna Piechocka**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Od wielu lat mamy do czynienia z rosnącą liczbą zgonów związanych z zachorowaniem na choroby cywilizacyjne, w tym choroby nowotworowe, schorzenia układu krążenia, choroby neurodegeneracyjne, czy cukrzycę. Rozwój wspomnianych stanów patologicznych w organizmie człowieka często jest łączony z zaburzonym metabolizmem niskocząsteczkowych związków siarki, w tym homocysteiny (Hcy), cysteiny (Cys), glutationu (GSH), cysteinylo-glicyny (Cys-Gly), N-acetylo-cysteiny (NACys) i kwasu liponowego (LA). Jednocześnie zauważalny jest wzrost zainteresowania śliną, której wykorzystanie do celów diagnostycznych może stanowić doskonałą alternatywę dla krwi czy moczu, obecnie najczęściej wykorzystywanych płynów biologicznych w analizie klinicznej [1].

Celem badań realizowanych w ramach pracy magisterskiej było opracowanie procedury przygotowania próbek śliny do analizy techniką elektroforezy kapilarnej sprzężonej z detektorem spektrofotometrycznym, umożliwiającej ocenę całkowitej zawartości GSH, Hcy, Cys, Cys-Gly, NACys i LA w próbkach śliny. W szczególności cele pośrednie obejmowały określenie warunków prowadzenia procesów redukcji wiązań disiarczkowych i derywatyzacji chemicznej analitów oraz określenie trwałości utworzonych 2-S-lepidyniowych pochodnych Cys, Hcy, GSH, Cys-Gly, LA i NACys w warunkach prowadzenia eksperymentu [2].

*Badania zostały sfinansowane ze środków przyznanych na realizację projektów zatytułowanych:
„Opracowanie elektroforetycznej metody oznaczania wybranych niskocząsteczkowych związków siarki
w ślinie”, w ramach konkursu Studenckie Granty Badawcze UŁ, edycja VI, 2022,
„Próby zwiększenia czułości stężeniowej elektroforetycznej metody oznaczania wybranych
niskocząsteczkowych związków siarki w ślinie”, w ramach konkursu Studenckie Granty Badawcze UŁ,
edycja VII, 2023.*

[1] J. Piechocka, M. Wrońska, R. Głowacki, TrAC - Trends Anal. Chem. 126 (2020) 115866.

[2] J. Stachniuk, P. Kubalczyk, P. Furmaniak, Talanta 155 (2016) 70–77.

OZNACZANIE POZOSTAŁOŚCI LEKÓW W PRÓBKACH ŚRODOWISKOWYCH TECHNIKĄ GC-MS

Zuzanna Sykulska

Promotor: **dr Barbara Krawczyk**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Leki wchodzą w skład dużej grupy związków zwanych ksenobiotykami, czyli takich, które nie występują naturalnie w organizmach żywych. Mogą się tam jednak dostać poprzez drogi oddechowe czy drogą pokarmową. Farmaceutyki są zażywane przez człowieka oraz podawane zwierzętom, a następnie wydalone w postaci metabolitów lub jako związki macierzyste. Tak trafić mogą do wód powierzchniowych i stwarzać zagrożenie dla ludzi korzystających z tych zasobów oraz zwierząt zamieszkujących te tereny. Ich tamtejsza obecność powoduje negatywne skutki dla organizmów żywych, które mają kontakt z zanieczyszczoną wodą. Dlatego tak ważne jest prowadzenie monitoringu jakości wód powierzchniowych [1].

W niniejszych badaniach skupiono się na trzech związkach należących do różnych grup farmaceutyków. Tramadol jest to syntetyczny lek przeciwbólowy z grupy opioidów, które są silnymi środkami powodującymi łagodzenie bólu [2]. Bisoprolol jest lekiem kardioselektywnym stosowanym przy nadciśnieniu tętniczym lub niewydolności serca [3]. Torasemid należy do grupy diuretyków pętlowych i jest lekiem silnie moczopędnym. Wykazuje także działanie obniżające ciśnienie tętnicze oraz wspomagające przy obrzękach związanych z niewydolnością serca [4].

Celem niniejszych badań było opracowanie metod oznaczania tramadolu, bisoprololu i torasemidu za pomocą chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem mas. Etapami jakie należało przeprowadzić były procesy ekstrakcji analitu z matrycy wodnej oraz derywatyzacji. Pierwszy z nich pozwolił na oczyszczenie i zateżnienie substancji, drugi z kolei na przekształcenie jej w pochodną, która ma właściwości pozwalające na jej oznaczenie za pomocą chromatografii gazowej. Prowadzenie takich badań pomoże w zobrazowaniu stanu wód, a także oznaczeniu stężenia tych leków na jakie narażone są organizmy żywe w środowisku wodnym.

Badania zostały sfinansowane z projektu Studenckie Granty Badawcze.

[1] R. Tanoue, L. Margiotta-Casaluci et al., Sci. Total Environ. 664 (2019) 915–926.

[2] T. Belal, T. Awad, C. R. Clark, J. Chromatogr. Sci. 47 (2009) 849–854.

[3] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisoprolol> (dostęp dnia 27.01.2023).

[4] <https://rejestrmedyczne.ezdrowie.gov.pl/api/rpl/medicinal-products/14011/characteristic> (dostęp dnia 27.01.2023).

ANALIZA PIERWIASTKOWA WYBRANYCH KOSMETYKÓW WEGAŃSKICH I EKOLOGICZNYCH

inż. Laura Szaroń

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Rynek kosmetyków do pielęgnacji ciała i włosów z roku na rok coraz mocniej wypełniany jest wszelkiego rodzaju reklamami i opakowaniami z widniejącymi na nich następującymi oznaczeniami: „bio”, „vege”, „95% składników naturalnych”, „produkty pochodzenia naturalnego”, „cruelty-free” itp. [1]. Konsumenci ze względu na coraz większą świadomość częściej wybierają właśnie tego typu produkty. Polskie i unijne przepisy nie regulują jednak wymogów, którymi powinien charakteryzować się kosmetyk, aby był uznany za ekologiczny lub wegański. Zajmują się tym jednak niezależne firmy takie jak ECOCERT, BDIH, Cosmebio, ICEA, Soil Association, Peta, VeganSociety oraz rodzime Polskie Centrum Badań i Certyfikacji, Viva. Dzięki temu, że świadomość przeciętnego klienta zwiększyła się, firmy kosmetyczne coraz częściej starają się uzyskać certyfikat. Niemniej jednak jest to kosztowny proces i duża część firm preferuje umieszczenie informacji/oznakowania na opakowaniu, że produkt jest „bio” lub „vege”, nie mając potwierdzenia w postaci certyfikatu. Oczywistym jest fakt, że niezależnie od tego czy kosmetyk posiada certyfikat czy też nie, powinien być bezpieczny dla stosujących go klientów. W Polsce nie ma prawnie ustanowionych norm zawartości poszczególnych pierwiastków, w tym metali ciężkich w kosmetykach. Istnieją jedynie zalecenia, jakie wartości nie powinny zostać przekroczone [2,3]. Klienci oczekują, że kosmetyki oznaczone certyfikatem spełniają wymagania tego typu produktów, jednakże należy zadać sobie następujące pytanie: „Czy na pewno kosmetyki, które posiadają certyfikaty nie zawierają m.in. metali ciężkich?”

W ramach pracy magisterskiej zbadano próbki różnego rodzaju kosmetyków wegańskich i ekologicznych do pielęgnacji ciała i włosów: kremy i balsamy do ciała, kremy do twarzy i oczu, hydrolaty, płyny miceralne, żele do kąpieli, szampony, odżywki oraz produkty do stylizacji włosów. Próbki zmineralizowano przy użyciu mineralizatora mikrofalowego UltraWave firmy Milestone stosując kwasy HNO_3 i HCl w proporcji 4:1. Próbki po mineralizacji poddano wirowaniu, a następnie zbadano skład pierwiastkowy za pomocą spektrometru ICP-OES iCAP 7000 Series firmy Thermo Fisher Scientific.

[1] Z. Sarbak, B. Jachymska-Sarbak, A. Sarbak, Chemia w kosmetyce i kosmetologii, MedPharm Polska, Wrocław, 2013.

[2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych (Dz.U. UE L 2009.342.59).

[3] B. Urbanek-Karłowska, B. Śmietanka, K. Pawłowska, U. Biernat, I. Burzyńska, Roczn. PZH 52 (3) (2001) 257–265.

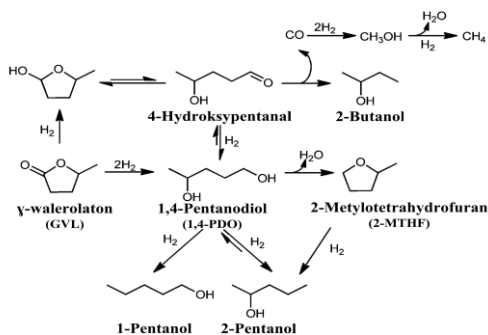
SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA KATALIZATORÓW Ru/TiO₂ STOSOWANYCH W REAKCJI REDUKCJI γ -WALEROLAKTONU

inż. Katarzyna Tomaszewska

Promotor: dr hab. inż. Agnieszka Ruppert, prof. PŁ

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Biomasa lignocelulozowa jest źródłem cennych związków chemicznych. Jednym z takich związków jest 2-metylotetrahydrofuran (MTHF) uważany za obiecującą alternatywę dla biopaliw oraz ekologicznych rozpuszczalników, który można syntetyzować z odnawialnej biomasy w wyniku katalitycznego uwodornienia γ -walerolaktanu (GVL).



Schemat 1. Sekwencja reakcji prowadząca do redukcji GVL do MTHF.

W przypadku redukcji GVL pojawia się co najmniej kilka możliwych ścieżek reakcyjnych prowadzących do wielu produktów, stąd kluczowy był dobór katalizatora zapewniającego wysoką selektywność procesu. Katalizatory rutenowe wykazują najwyższą aktywność w reakcjach redukcji przeprowadzonych w fazie ciekłej. W pracy zbadano wpływ szeregu parametrów wpływających na właściwości fizykochemiczne katalizatorów oraz ich aktywność w badanym procesie. Badano między innymi wpływ użytych prekursorów metali, modyfikacji metod preparatyki katalizatorów na ich właściwości, wpływ zastosowanych nośników. Katalizatory testowano w różnych warunkach reakcji badając wpływ ciśnienia, temperatury, rozpuszczalnika oraz czasu reakcji. Wykazano, że katalizator zawierający kryształity metalu o rozmiarze 3,2 nm oraz niewielkie ilości chloru na powierzchni pozwalał na otrzymanie najwyższych selektywności w reakcji do pożądanego produktu (MTHF).

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (NCN) w ramach projektu OPUS-LAP (2020/39/I/ST4/02039).

- [1] E. Soszka, M. Jędrzejczyk, C. Lefèvre, D. Ihiwakrim, N. Keller, A.M. Ruppert, Catal. Sci. Technol. 12 (2022) 5802–5813.
- [2] A.M. Ruppert, J. Grams, M. Jędrzejczyk, J. Matras-Michalska, N. Keller, K. Ostojka, P. Sautet, ChemSusChem 8 (2015) 1538–1547.

CHARAKTERYSTYKA SKŁADU ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH POMOCNA W USTALENIU ŹRÓDŁA ICH POCHODZENIA

Magda Walczak

Promotor: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Poczynając od starożytności przyprawy i zioła były używane do aromatyzowania i konserwowania żywności, w tym do maskowania psucia się lub nieprzyjemnego smaku produktów. Aromat przypraw przypisuje się zawartym w nich składnikom olejkom eterycznym, natomiast smak jaki nadają przyprawy zawdzięczają oleożywicom. W szczególności pozyskiwane są jadalne części rośliny, takie jak nasiona, kora, pąki, korzenie. Ponadto, niektóre suszone rośliny można mieszać, uzyskując mieszanki przyprawowe. Poza zastosowaniem kulinarnym, przyprawy mają korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Odgrywają więc ważną rolę w farmacji i przemyśle, w tym w przemyśle kosmetycznym i środków higieny osobistej. Przyprawy zawierają różne związki, takie jak terpeny i pochodne terpenów, które są ważnymi związkami zapachowymi. Dodatkowo, przyprawy mają wpływ na różne problemy zdrowotne, w tym stany zapalne czy choroby układu krążenia. W związku z tym stosowanie przypraw zostało obecnie rozszerzone poza cele smakowe i zapachowe. Ze względu na fakt, że dla większości przypraw trudno jest morfologicznie rozróżnić poszczególne odmiany roślin używanych do ich produkcji, często wykorzystuje się informacje o ich składzie do potencjalnej identyfikacji możliwych ich zafałszowań, którym mogą ulegać.

Celem niniejszej pracy była ocena zróżnicowania składu pierwiastkowego przypraw dostępnych na polskim rynku w kontekście analizy ich bezpieczeństwa, ustalenia źródła ich pochodzenia oraz ewentualnej weryfikacji ich autentyczności. Łącznie przebadano 131 różnych próbek przypraw lub ich mieszanek (stworzonych na potrzeby symulacji ewentualnego zafałszowania). Całkowitą zawartość Hg w próbkach przypraw oznaczono techniką Absorpcyjnej Spektroskopii Atomowej Zimnych Par (CVAAS) z wykorzystaniem automatycznego analizatora rtęci MA-3000, NIC. Stężenia pozostałych pierwiastków (Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, Zn) zmierzono techniką Optycznej Spektroskopii Emisyjnej z Plazmą Indukcyjnie Sprzężoną (ICP-OES) z użyciem spektrometru iCAP 7400, Thermo po rozkładzie próbek w mieszaninie stężonego kwasu azotowego i perhydrolu w układzie zamkniętym z udziałem energii mikrofalowej UltraWave (Milestone). Uzyskane wyniki wskazywały, że produkty dostępne na polskim rynku są bezpieczne dla potencjalnych konsumentów, bowiem przekroczenia Cd i Pb dotyczyły jedynie pojedynczych próbek. Na podstawie informacji pochodzących z testów nieparametrycznych udało się ustalić charakterystyczne składniki dla konkretnych rodzajów przypraw. Dzięki temu możliwe było wykrycie różnic w składzie dla sporządzonych mieszanek symulujących fałszowanie.

[1] N. Manousi, E. Isaakidou, G.A. Zachariadis, *Appl. Sci.* 12 (2022) 534–544.

MULTIDYSCYPLINARNE BADANIA ODDZIAŁYWAŃ DNA ZE ZWIĄZKAMI MAŁOCZĄSTECZKOWYMI

Monika Wypych

Promotor: **dr Monika Skowron-Jaskólska**

Opiekun: **dr Janusz Kupis**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Pomorska 163/165, 90-149 Łódź*

DNA uznawany jest za najważniejszy nośnik informacji genetycznych, a zawarte w nim dane determinują zarówno dziedziczność konkretnych cech, jak i odpowiadają za rozwój poszczególnych gatunków [1]. Fakt ten sprawia, że w ostatnich latach szczególną uwagę poświęcono poszukiwaniu substancji chemicznych, które byłyby w stanie chronić cząsteczki DNA lub też oddziaływać z konkretnymi fragmentami nici DNA.

Badania interakcji DNA mogą być przeprowadzane z użyciem wielu technik analitycznych. Na szczególną uwagę zasługują techniki spektroskopowe, tj. spektroskopia w podczerwieni, UV-Vis lub fluorescencyjna. W ostatnim czasie na popularności zyskały także techniki elektrochemiczne, np. woltamperometria cykliczna lub fali prostokątnej [2].

W niniejszej pracy podjęto próbę zbadania interakcji pomiędzy cząsteczkami DNA a wybranymi substancjami chemicznymi, tj. ponatinibem oraz peramivirem. Badania wykonano z udziałem dwóch technik analitycznych: spektrofotometrii oraz woltamperometrii fali prostokątnej, w celu porównania obu metod pod względem przygotowania próbek, przeprowadzenia analizy i otrzymanych wyników. Dodatkowo zbadano właściwości protekcyjne tymochinonu względem DNA w warunkach podwyższonej temperatury.

Serdecznie dziękuję Pani Doktor Monice Skowron-Jaskólskiej za poświęcony czas oraz nieodpłatną pomoc podczas tworzenia pracy magisterskiej. Dziękuję także całemu Zakładowi Analizy Instrumentalnej za wsparcie, pomoc i spędzony wspólnie czas.

[1] G. Drewa, T. Ferenc, Podstawy genetyki dla studentów i lekarzy, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2007, 3, 27–33.

[2] M. Sirajuddin, S. Ali, A. Badshah, J. Photochem. Photobiol. B, Biol. 124 (2013) 1–19.

DENDRYMERY FOSFOROWE JAKO POTENCJALNE CZYNNIKI WSPOMAGAJĄCE PROCES GOJENIA RAN

Beata Bielska

Promotor: **dr hab. Katarzyna Miłowska, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Biofizyki Ogólnej,
ul. Pomorska 141/143, 90-236 Łódź*

Każdego dnia miliony ludzi na całym świecie ulegają urazom skóry. Leczenie ran generuje ogromne koszty finansowe, które wynoszą tysiące dolarów co w skali roku przekłada się na poważne obciążenie ekonomiczne wpływające na jednostkę i społeczeństwo. To sprawia, że poszukiwane są nowe rozwiązania terapeutyczne, które zastąpią obecnie stosowane środki lecznicze lub ulepszą ich działanie. W tym celu badane są możliwości nanocząstek, m.in. dendrymerów.

Dendrymery to grupa cząsteczek o rozgałęzionej, trójwymiarowej budowie. Kształt tych nanocząstek jest zbliżony do kuli. Unikalna budowa dendrymerów sprawia, że mogą być nośnikami substancji leczniczych, ponadto wykazują pożądane w leczeniu ran właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Tym samym nie dochodzi do infekcji ran i opóźnienia procesu regeneracji skóry.

Celem badań było sprawdzenie czy dendrymery fosforowe mogą być potencjalnymi czynnikami wspomagającymi proces gojenia ran.

Materiał biologiczny stanowiły erytrocyty człowieka, linia komórkowa fibroblastów skóry człowieka (BJ) oraz białka osocza.

Hemotoksyczność dendrymerów fosforowych oceniano na podstawie stopnia hemolizy i stopnia utlenienia hemoglobiny w erytrocytach. Cytotoksyczność w stosunku do komórek skóry oznaczano za pomocą testu MTT i ilości generowanych RFT. Wpływ na strukturę białek osocza krwi oceniano za pomocą technik spektroskopii dichroizmu kołowego i fluorescencji. Właściwości hemostatyczne badano na podstawie pomiaru czasów krzepnięcia.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dendrymery fosforowe do stężenia 10 μM nie wykazywały znacznej toksyczności w stosunku do erytrocytów. Natomiast w przypadku fibroblastów skóry można zauważyć, że są one bardziej wrażliwe na działanie badanych dendrymerów i już stężenie 3 μM powodowało spadek żywotności o ponad 50 %. Nie wpływają one znacząco na strukturę drugo- i trzeciorzędową białek osocza krwi, co jest pozytywnym aspektem ich oddziaływania z białkami, ale nie wpływają korzystnie na czasy krzepnięcia krwi.

Projekt współfinansowany przez NAWA (nr BPN/BSK/2021/1/00053/U/00001).

[1] E. Abbasi, S.F. Aval, A. Akbarzadeh, M. Milani, H.T. Nasrabadi, S.W. Joo, Y. Hanifehpour, K. Nejati-Koshki, R. Pashaei-Asi, *Nanoscale Res. Lett.* 9 (2014) 247.

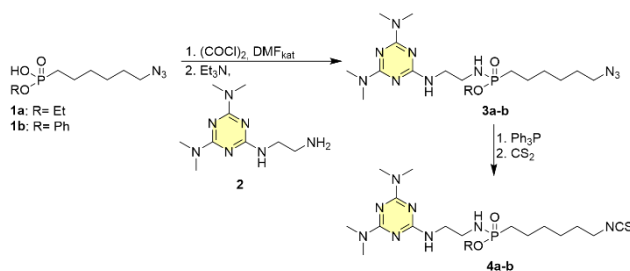
SYNTEZA POCHODNYCH ALTRETAMINY SPRZĘŻONYCH Z IZOTIOCYJANIANOALKILOFOSFONIANAMI JAKO POTENCJALNYCH ZWIĄZKÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWNOWOTWOROWYCH

inż. Aleksandra Budzyńska

Promotor: dr inż. Łukasz Janczewski

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Izotiocyaniany (ITCs) są aktywnie biologiczną klasą związków organicznych, występujących w warzywach krzyżowych, takich jak brukselka, brokuły, wasabi czy chrzan. Naturalne ITCs do których należy m.in. sulforafan (SFN) wykazują zdolność do hamowania wzrostu komórek nowotworowych czy indukowania apoptozy [1]. Oprócz naturalnych ITCs wyróżniamy również syntetyczne analogi SFN, w których grupa metylosulfonowa została zastąpiona grupą fosfonową zawierającą podstawniki alifatyczne czy aromatyczne. Zmiana ta skutkowałą zwiększeniem aktywności biologicznej w stosunku do naturalnego SFN [2].



W ramach badań do mojej pracy magisterskiej podjęłam się syntezy estrów etylowego i fenyłowego 6-(izotiocyanianoheksylo)fosfonianu sprzężonego linkerem etylenodiaminą z triazynowym pierścieniem Altretaminy 4a-b. Związki te otrzymałam wychodząc z monoestrów azydoalkilofosfonianów 1a-b, które w środowisku zasadowym połączyłam z zawierającą linker Altretaminą 2, otrzymując z dobrymi wydajnościami mieszane azydoheksylofosfoniany 3a-b. W kolejnym etapie związki 3a-b poddałam reakcji z trifenylofosfiną oraz disiarczkiem węgla otrzymując docelowe produkty 4a-b z wydajnościami odpowiednio 72% i 26%. Związki zostaną przebadane pod kątem aktywności przeciwnowotworowej.

*Projekt był finansowany z Funduszu Młodych Naukowców Wydziału Chemicznego Politechniki
Łódzkiej (W-3D/FMN/5G/2022).*

[1]. Ł. Janczewski, *Molecules* 27 (2022) 1750.

[2]. M. Psurski, Ł. Janczewski, M. Świtalska, A. Gajda, T. M. Goszczyński, J. Oleksyszyn, J. Wietrzyk, T. Gajda. *Eur. J. Med. Chem.* 132 (2017) 63–80.

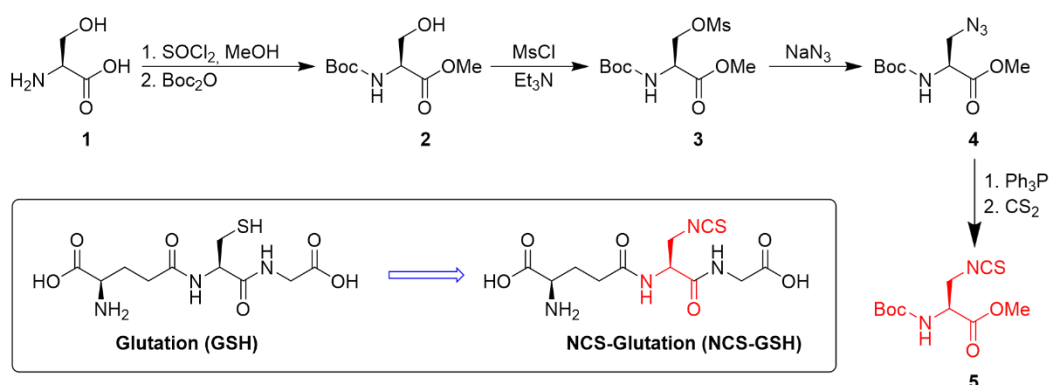
OPRACOWANIE METODY SYNTEZY IZOTIOCYJANIANOWEJ POCHODNEJ SERINY

inż. Marta Corradini

Promotor: dr inż. Łukasz Janczewski

*Instytut Chemii Organicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Glutation (GSH) jest najważniejszym przeciwutleniaczem syntetyzowanym w komórkach, zbudowanym z trzech aminokwasów: kwasu glutaminowego, cysteiny oraz glicyny [1]. Największe stężenia glutationu występuje w wątrobie, dzięki czemu pełni on funkcję kluczowego czynnika detoksykującego, usuwającego z organizmu ludzkiego toksyny, metale ciężkie i inne substancje szkodliwe [2]. W komórkach glutation jest pierwszym celem reakcji z izotiocyanianami rozpoczynając tym samym proces metabolizmu izotiocyanianów zwany szlakiem kwasów merkapturowych [3].



W ramach pracy magisterskiej opracowałam metodę syntezy izotiocyanianowej pochodnej seryny **5**. Pierwszym etapem było otrzymanie estru metylowego *N*-Boc-L-seryny (**2**), wykorzystując jako substrat L-serynę (**1**), który następnie w reakcji z chlorkiem mesyłu (MsCl) w środowisku zasadowym (Et₃N) przekształciłam, z zadowalającymi wydajnościami, do mesylowej pochodnej **3**. W kolejnym, zoptymalizowanym etapie, związek **3** poddałam reakcji z azydkiem sodu (NaN₃) i otrzymałam, z niskimi wydajnościami, azydową pochodną seryny **4**. Związek ten zostanie przeze mnie przekształcony w dwuetapowej reakcji z trifenylofosfiną (Ph₃P) oraz disiarczkiem węgla (CS₂) w docelową izotiocyanianową pochodną seryny (**5**). Celem tej syntezy będzie sprzęgnięcie otrzymanego związku **5** z dwoma pozostałymi aminokwasami: kwasem glutaminowym i cysteiną w celu otrzymania izotiocyanianowej pochodnej glutationu (NCS-GSH) i zbadanie jej aktywności biologicznej.

[1] H.J. Forman, H. Zhang, A. Mol. Aspects Med. 30 (2009) 1–12.

[2] S.C. Lu. Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj. 1830 (2013) 3143–3153.

[3]. K.K. Brown, M.B. Hampton. Biochim. Biophys. Acta 1810 (2011) 888–894.

FOTOLITYCZNE REAKCJE KOMPLEKSÓW METALOKARBONYLOWYCH ŻELAZA Z WYBRANYMI ZWIĄZKAMI HETEROCYKLICZNYMI

Cyprian Doroszek

Promotor: **dr Szymon Jarzyński**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

W ostatnim czasie jesteśmy świadkami stale rosnącego zainteresowania związkami metaloorganicznymi jako potencjalnymi lekami, które z powodzeniem mogłyby znaleźć zastosowanie w chemioterapii oraz diagnostyce. Kompleksy metaloorganiczne posiadają specyficzne właściwości fizykochemiczne, fotochemiczne i elektrochemiczne, które pozwalają na wykorzystanie ich w chemii biologicznej.[1] W ten właśnie sposób powstała chemia biometaloorganiczna, która łączy chemię metaloorganiczną, biologię i medycynę.

Głównym celem realizowanej w Katedrze Chemii Organicznej pracy dyplomowej było opracowanie efektywnych i wydajnych procedur otrzymywania półsandwiczowych kompleksów metaloorganicznych. Kluczowym związkiem wyjściowym do otrzymania powyższych związków będzie (η^5 -cyklopentadienylo) jododikarbonyl żelazo(II), który w kolejnych etapach zostanie wykorzystany w reakcjach fotolitycznych z pochodnymi pirazolu oraz fenantroliny i bipyridylu. Dla wszystkich otrzymanych produktów została wykonana pełna analiza spektroskopowa. Ponadto, prowadzone badania pozwolą w późniejszym czasie na ustalenie korelacji pomiędzy strukturą otrzymanych pochodnych a ich aktywnością biologiczną.

Badania zostały sfinansowane z 7 edycji SGB UŁ.

[1] G. Jaounen, Wiley-VCH, Weinheim, 2006

SYNTEZA OLIGOMERU RNA MODYFIKOWANEGO 5-HYDROKSYMETYLOURYDYNĄ (HM5U) I BADANIE JEGO PODATNOŚCI NA ENZYMATYCZNE ODSZCZEPNIENIE HM5-URACYLU

Szymon Dudkiewicz

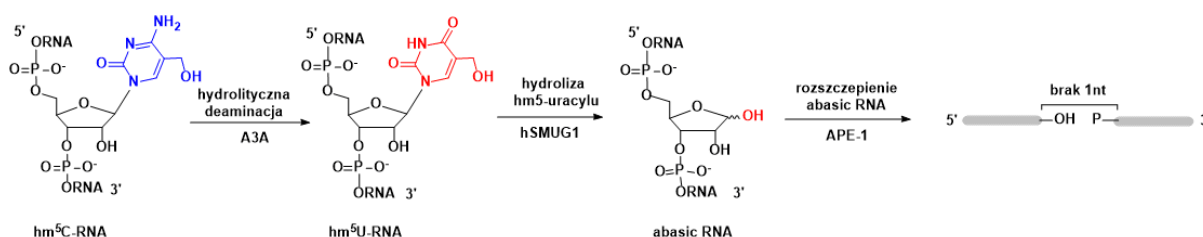
Promotor: dr hab. Grażyna Leszczyńska, prof. PŁ

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

W ramach zrealizowanej przeze mnie pracy magisterskiej potwierdziłem eksperymentalnie zaproponowaną przez Zespół, ścieżkę przemian hm^5C -RNA, która wyjaśniłaby raportowany w literaturze spadek 5-hydroksymetylocytydyny (hm^5C) w mRNA komórek nowotworowych raka jelita grubego (CRC) oraz raka wątrobowokomórkowego (HCC) [1].

Stosując syntetyczny hm^5C -RNA oraz enzymy A3A, hSMUG1 i APE-1 zaproponowana została trzy-etapowa konwersja hm^5C -mRNA (Schemat 1), polegająca na: 1) hydrolitycznej deaminacji hm^5C -RNA do 5-hydroksymetylourydyny (hm^5U -RNA) przy udziale enzymu A3A, 2) hydrolizie 5-hydroksymetylouracylu katalizowanej hSMUG1 i powstaniu oligomeru typu *abasic RNA*, 3) rozszczepieniu *abasic RNA* przy udziale APE-1.

W swojej pracy badawczej, przeprowadziłem syntezę 13-merowego oligomeru RNA zawierającego hm^5U (hm^5U -RNA), który oczyściłem i zidentyfikowałem techniką UPLC MS, a następnie w warunkach *in vitro* poddałem reakcji z enzymem hSMUG1. Uzyskaną po reakcji mieszaninę produktów poddałem frakcjonowaniu poprzez precypitację zdenaturowanych białek, ekstrakcję chloroform-fenol oraz wirowanie różnicowe. Analiza UPLC MS mieszaniny produktów wykazała obecność rozszczepionego *abasic RNA*.



Schemat 1. Proponowana ścieżka metabolizmu hm^5C -mRNA w ludzkich komórkach nowotworowych CRC i HCC. A3A= human cytidine deaminase; hSMUG1= human single-strand selective monofunctional uracil DNA glycosylase; APE1 = human apurinic/apyrimidinic endonuclease.

Podziękowania: OPUS 22, Narodowe Centrum Nauki, UMO-2021/43/B/ST4/01570 (G.L.)
oraz dr inż. Ewelina Wielgus z CBMiM PAN w Łodzi za wykonanie analiz UPLC MS.

[1] W. Huang, M. Lan, C. Qi, S. Zheng, S. Wei, B. Yuan, Y. Feng, Chem. Sci. 7 (2016) 5495–5502.

SYNTEZA NOWYCH ZWIĄZKÓW KOORDYNACYJNYCH KETOKONAZOLU Z SOLAMI SREBRA(I) ORAZ OCENA ICH WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWDROBNOUSTROJOWYCH

Przemysław Dziadowicz

Promotor: dr n. farm. inż. Dominik Żyro

*Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Wydział Farmaceutyczny, Katedra Chemii Medycznej,
Zakład Chemii Bionieorganicznej, ul. Muszyńskiego 1, 90-151 Łódź*

Wstęp: Właściwości przeciwdrobnoustrojowe srebra oraz jego związków znane są ludzkości już od czasów starożytnych. Zwiększający się problem oporności na antybiotyki oraz leki przeciwgrzybicze spowodował, że wrócono do dobrze znanych od lat form terapii, w tym między innymi z wykorzystaniem jonów srebra(I), które są bezpośrednio odpowiedzialne za mechanizm działania. Rozwój medycyny oraz chemii koordynacyjnej spowodowały odkrycie nowych związków kompleksowych srebra z heterocyklicznymi ligandami, w tym pochodnymi azolu takimi jak metronidazol, czy mikonazol. W swojej pracy jako temat badań wybrałem kolejną z pochodnych: ketokonazol (KTZ).

Cel pracy: Opracowanie oraz walidacja metody syntezy nowych związków koordynacyjnych ketokonazolu z solami srebra(I), ustalenie ich podstawowych właściwości fizycznych oraz aktywności przeciwdrobnoustrojowej w kierunku grzybów z rodzaju *Candida spp.* oraz bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych.

Wyniki: Otrzymano 4 nowe kompleksy ketokonazolu z solami srebra(I) i zaproponowano wzory: $[(KTZ)_2Ag]NO_3$, $[(KTZ)_2Ag]ClO_4$, $[(KTZ)_2Ag]CF_3COO$ oraz $[(KTZ)_2Ag]SbF_6$, ustalono wydajność poszczególnych reakcji oraz rozpuszczalność związków, ich temperaturę topnienia i rozkładu. Struktura związków została potwierdzona przy użyciu badania 1H NMR. Wykonane zostało badanie fotostabilności z wykorzystaniem promieni UV-A ($\lambda=365nm$) oraz rozproszonego światła słonecznego w odniesieniu do przechowywania próbek w temperaturze pokojowej bez dostępu do światła oraz w temperaturze 4-8°C. Ustalono wartości MIC oraz MBC/MFC dla wybranych szczepów grzybów: *C. albicans* oraz *C. glabrata*, bakterii gram-ujemnych: *E.coli*, *Paeruginosa*, *K.pneumoniae* i gram-dodatnich: *S.aureus*.

Wnioski: Ketokonazol tworzy z solami srebra(I) związki koordynacyjne, które charakteryzują się większą stabilnością na warunki sprzyjające rozkładowi oraz silniejszym efektem działania przeciwdrobnoustrojowego zarówno hamującego wzrost bakterii gram-dodatnich i gram-ujemnych, jak i grzybów oraz powodującym śmierć drobnoustrojów.

PRÓBY SYNTEZY DITIOKARBAMINIANÓW NA NOŚNIKU NANODIAMENTOWYM JAKO POTENCJALNYCH CYTOSTATYKÓW

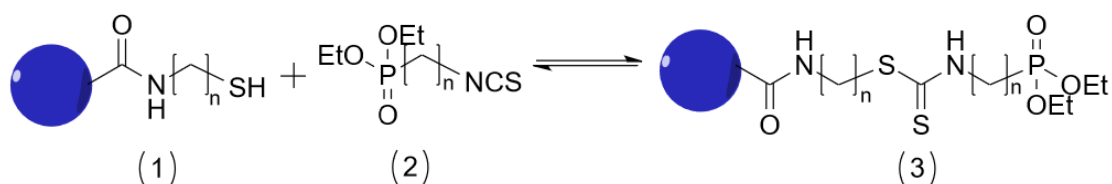
Anna Florczak

Promotor: dr inż. Anna Gajda

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 92-924 Łódź*

Naturalne izotiocyjaniany (ITC), takie jak sulforafan wykazują działanie przeciwnowotworowe, przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwutleniające. Dowiedziono, że fosfonowe analogi (2) sulforafanu również hamują wzrost komórek nowotworowych *in vitro* oraz indukują ich apoptozę. [1] Potencjał terapeutyczny syntetycznych ITC ograniczony jest ich niską biodostępnością. Z tego powodu prowadzone są liczne badania nad wykorzystaniem różnego typu nośników molekularnych, które zwiększają przenikalność przez błony komórkowe oraz spowalniają usuwanie aktywnych związków z komórki.

W związku z tym podjęto próbę otrzymania koniugatów ITC z nośnikiem nanodiamentowym przy wykorzystaniu odwracalnej reakcji ITC z grupami tiolowymi obecnymi na zmodyfikowanej chemicznie powierzchni proszku nanodiamentowego. Zastosowanie pochodnych nanodiamentu pozwala na wykorzystanie właściwości nanomateriałów. Brak cytotoksyczności nanodiamentu, co jest jego zaletą, pozwala oczekiwać, że finalne materiały będą mogły być użyteczne w badaniach nad poszukiwaniem nowych terapii przeciwnowotworowych.



W ramach pracy dyplomowej przeprowadzono funkcjonalizację karboksy-nanodiamentu, polegającą na wprowadzeniu łącznika o różnej długości łańcucha węglowego z terminalną grupą sulfhydrylową oraz zbadano warunki otrzymywania ditiokarbaminianów (3) jako „zamaskowanej” formy aktywnych biologicznie izotiocyjanianów (2).

[1] Ł. Janczewski, *Molecules* 27 (2022) 1750–1805.

POSZUKIWANIA METOD SELEKTYWNEGO ZABEZPIECZANIA I ODBEZPIECZANIA GRUP HYDROKSYLOWYCH GLICEROLU

Marta Kacprzak

Promotor/Opiekun: **dr Rafał Karpowicz**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

W czasie prowadzenia syntez złożonych związków chemicznych możemy dostrzec problem, w którym jedna grupa funkcyjna w cząsteczce przeszkadza zaplanowanej reakcji z udziałem drugiej grupy funkcyjnej w innym fragmencie cząsteczki. Podczas pojawienia się takiego konfliktu reaktywności, istnieje szansa na rozwikłanie problemu, poprzez blokowanie odpowiedniej grupy funkcyjnej. Grupy stosowane do tego celu nazywamy zabezpieczającymi, ochronnymi lub blokującymi. Protekcja następuje w trzech etapach. W pierwszym z nich następuje wprowadzenie grupy zabezpieczającej, natomiast w drugim przeprowadzenie planowanej reakcji. W końcowym etapie grupa ta zostaje usunięta.

W czasie prowadzenia badań nad moją pracą starałam się poszukiwać selektywnych metod zabezpieczania i odbezpieczania grup hydroksylowych na przykładzie glicerolu i jego pochodnych. W początkowych etapach badań blokowałam propano-1,2,3-triol, otrzymując solketal z jedną odbezpieczoną grupą hydroksylową. Związki te przekształcałam dalej blokując pozostałe dostępne grupy, z jednoczesnym odblokowaniem zabezpieczonych wcześniej grup. Dodatkowo starałam się ustalić czy czas trwania reakcji bądź stężenie używanych odczynników ma istotny wpływ na wydajność zachodzących procesów. W końcowym etapie badań otrzymałam związek z trzema różnymi podstawnikami, który może stanowić fragment budulcowy w projektowaniu związków typu GNA.

POCHODNE *N*,2,7-*TRI-*TERT*-BUTYLOPIRENO-1-KARBOKSYAMIDU* – SYNTEZA I WŁAŚCIWOŚCI FOTOFIZYCZNE

Katarzyna Kłozę

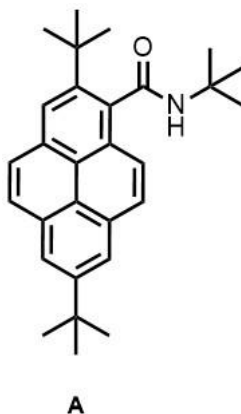
Promotor/Opiekun: dr Magdalena Ciechańska

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Piren i jego pochodne są szeroko stosowane jako fluorofory ze względu na wysoką wydajność kwantową fluorescencji, długi czas życia fluorescencji, zdolność do tworzenia ekscymerów i czułą strukturę wibracyjną. [1,2]

W ciągu ostatnich lat opracowano wiele metod modyfikacji układu pirenu, mających na celu nadanie mu pożądaných właściwości fluorescencyjnych, w celu otrzymania nowych związków posiadających interesujące właściwości fotofizyczne. W optoelektronice bardzo dużym zainteresowaniem cieszą się pochodne wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), które zawierają w swojej strukturze takie heteroatomy, jak tlen czy azot.

Celem moich badań była modyfikacja *N*,2,7-tri-*tert*-butylopireno-1-karboksyamidu **A** prowadząca do uzyskania związków o interesujących właściwościach luminescencyjnych.



Badania zostały sfinansowane z funduszy VII edycji Studenckich Grantów Badawczych 2022 na UŁ.

- [1] X. Feng, J.-Y Hu, C. Redshaw, T. Yamato, Chem. Eur. J. 22 (2016) 11898–11916.
[2] A. Mateo-Alonso, Chem. Soc. Rev. 43 (2014) 6311–6324.

JAK PAPAWERYNA MOŻE WSPOMÓC RADIOTERAPIĘ?

Marlena Kudłacz

Promotor: **dr hab. Aleksandra Rodacka**

Opiekun: **dr Agnieszka Zaczek**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Biologii Nowotworów
i Epigenetyki, ul. Pomorska 141/143, 90-236 Łódź*

Radioterapia zaraz po chirurgii oraz chemioterapii jest jedną z kluczowych metod w walce z nowotworami. Polega ona na wykorzystaniu promieniowania jonizującego w celu uszkodzenia komórek nowotworowych i zmniejszenia masy guza. Jednakże wciąż poszukuje się sposobów, które wykazałyby mniejsze działanie na komórki prawidłowe, a skuteczniejsze w uszkodzeniach komórek nowotworowych. Jednym ze sposobów jest zastosowanie związków, które uwrażliwiają komórki nowotworowe na działanie promieniowania jonizującego. Dane literaturowe wykazują, że działanie radiouczulające może mieć papaweryna [1].

Papaweryna (PPV) to alkaloid, który został wyizolowany z maku lekarskiego w 1848 roku przez Georga Mercka. Dawniej stosowana była jako lek przeciwbólowy, a obecnie badana jest między innymi pod kątem potencjalnego działania przeciwnowotworowego. Benej i wsp. wykazali, że PPV w przeciągu 30 minut zwiększa natlenienie guza, co przyczynia się do lepszej odpowiedzi guza na radioterapię [2].

Celem pracy była ocena działania papaweryny jako radiouczulacza na komórki nowotworowe piersi HCC-38 oraz MCF-7. W tym celu komórki preinkubowano z papaweryną (5uM, 10uM, 25uM) a następnie poddawano działaniu promieniowania jonizującego (2Gy, 6Gy, 10Gy). W pracy oceniono cytotoksyczność papaweryny za pomocą testu MTT oraz określono przeżywalność komórek nowotworowych przy użyciu standardowego testu klonogenego.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że komórki HCC-38 są bardziej wrażliwe na działanie samej papaweryny niż MCF-7. Test klonogeny wykazał, że papaweryna w kombinacji z promieniowaniem jonizującym znacznie obniża przeżywalność komórek nowotworowych w porównaniu do komórek poddanych działaniu samego promieniowania.

Uzyskane wyniki świadczą o tym, iż papaweryna wzmaga działanie promieniowania jonizującego, jednak potrzeba dalszych badań, które potwierdzą moje obserwacje i wskażą mechanizm działania związku.

*Badania finansowane w ramach VII edycji Studenckich Grantów Badawczych
na Uniwersytecie Łódzkim.*

[1] J.F. Torres-Roca, Per Med. 9 (2012) 547–557.

[2] M. Benej, X. Hong, S. Vibhute, S. Scott, J. Wu, E. Graves, Q.T. Le, A.C. Koong, A.J. Giaccia, B. Yu, C.S. Chen, I. Papandreou, N.C. Denko, Proc. Natl. Acad. Sci. U S A 115 (2018) 10756–10761.

BADANIE ODDZIAŁYWAŃ MYKOBAKTERYJNYCH BIAŁEK REGULATOROWYCH MtrA I GlnR DWUKOMPONENTOWYCH SYSTEMÓW TRANSDUKCJI SYGNAŁU Z SEKWENCJAMI PROMOTOROWYMI

Magdalena Kuzioła^{1,2}

Promotor: **dr hab. Bożena Dziadek, prof. UŁ¹**

Opiekun: **prof. dr hab. Jarosław Dziadek², dr Renata Płocińska²**

¹ *Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Mikrobiologii Molekularnej,
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź*

² *Instytut Biologii Medycznej Polskiej Akademii Nauk, Pracownia Genetyki i Fizjologii
Mycobacterium, ul. Lodowa 106, 93-232 Łódź*

Prątki *Mycobacterium* to bakterie wywołujące choroby wymagające długotrwałego leczenia, a ich eliminacja jest niezwykle trudna. Problem pogłębia się ze względu na rosnącą antybiotykooporność prątków [1].

W wyniku malejącej skuteczności dotychczas stosowanych terapii przeciwprątkowych, poszukuje się nowych celów terapeutycznych. Do tej grupy można zaliczyć dwukomponentowe systemy transdukcji sygnału. Odgrywają one niezwykle ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu komórek bakteryjnych. Komponenty tych systemów – kinaza histydynowa i białko regulatorowe – mają wpływ na ekspresję różnych genów [2]. W niniejszej pracy przedmiotem badań były dwa białka regulatorowe – MtrA oraz GlnR. W kontekście nowych metod leczenia bierze się tutaj pod uwagę możliwość zastosowania inhibitorów tych białek, co spowodowałoby śmierć komórki bakteryjnej bądź jej uwrażliwienie na podawane leki [2].

W poszukiwaniu inhibitorów białek regulatorowych istotna jest znajomość ich interakcji z sekwencjami promotorowymi genów mykobakteryjnych. W tym celu przygotowano preparat białka MtrA poprzez konstrukcję wektora ekspresyjnego niosącego sekwencję genu *mtrA* z *Mycobacterium smegmatis*, nadprodukcję białka w komórkach *Escherichia coli* BL21 (DE3) oraz oczyszczanie białka metodą chromatografii powinowactwa na złożu kobaltowym. Przygotowany preparat białka MtrA oraz uzyskany w IBM PAN preparat białka GlnR zostały wykorzystane w badaniu oddziaływań tych białek z promotorami genów *msmeg_3553* i *msmeg_4008*. Sekwencje promotorowe zostały wybrane na podstawie globalnej analizy transkryptów (RNA-Seq). Za pomocą testu opóźnienia ruchliwości elektroforetycznej kompleksów białko-DNA (EMSA) wykazano zdolność wiązania wspomnianych białek z wybranymi do badań promotorami genów mykobakteryjnych. Natomiast termoforeza mikroskalowa (MST) pozwoliła określić siłę wiązania tych kompleksów.

[1] J. Pedelacq, M.Ch. Nguyen, T.C. Terwilliger, L. Mourey, Structural Biology in Drug Discovery: Methods, Techniques, and Practices 23 (2020) 545–566.

[2] M. Stupar, J. Furness, Ch.J. De Voss, L. Tan, N.P. West, Mol. Microbiol. 117 (2022) 973–985.

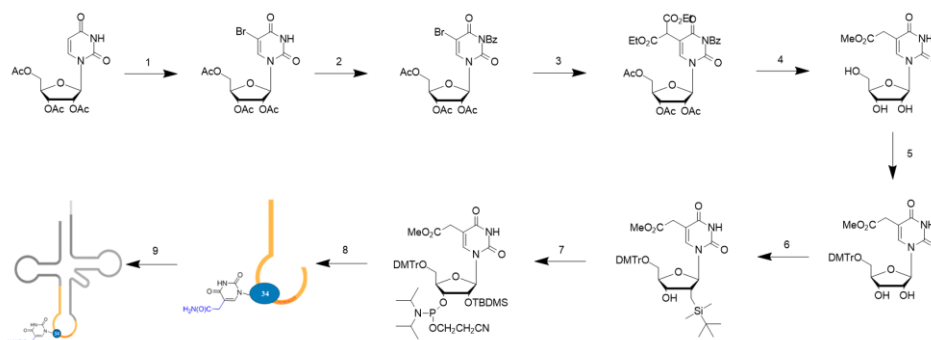
SYNTEZA 3'-O-AMIDOFOSFORNYNU 5-METOKSY-KARBONYLOMETYLOURYDYNY DO ZASTOSOWANIA W SYNTEZIE MODYFIKOWANEGO FRAGMENTU RNA

Kacper Makiewicz

Promotor: dr hab. inż. Grażyna Leszczyńska prof. PŁ

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Celem zrealizowanej przeze mnie pracy magisterskiej była synteza jednostki monomerycznej 5-metoksykarbonylometylourydyny (mcm^5U), o strukturze 5'-O-DMTr-2'-O-TBDMS-zablokowanego 3'-O-amidofosforynu (Schemat 1) [1]. Zsyntetyzowana jednostka została wykorzystana w syntezie 13-nukleotydowego oligomeru tRNA metodą amidofosforynową na fazie stałej. Oligomer ten został zaprojektowany w sposób umożliwiający przeprowadzenie efektywnej syntezy całej cząsteczki tRNA^{Lys} z drożdży metodą semienzymatyczną *via* ligację 13-meru z odpowiednimi syntetycznymi fragmentami RNA. Otrzymana modyfikowana cząsteczka tRNA oraz inne, otrzymane w tym projekcie zostaną wykorzystane do opracowania metodyki natywnego sekwencjonowania RNA w technologii Oxford Nanopore (ONT), która pozwala na uzyskanie oryginalnej, biologicznej informacji, bez konieczności przeprowadzenia etapu odwrotnej transkrypcji (RT) [2].



Schemat 1. Ścieżka syntetyczna otrzymywania 3'-O-amidofosforynu 5-metoksykarbonylometylourydyny, gdzie
1) NBS, DMF, 45 min, *t.pok.*, 63%; 2) C_6H_5COCl , DMAP, NEt_3 , DCM, 90 min., *t.pok.*, 41%; 3) malonian dietylu, DBU, THF, 24 godz., 72%; 4) $MeONa/MeOH$, 50°C, 48 godz., 41%; 5) DMTr-Cl, pirydyna, *t.pok.*, 48 godz., 98%; 6) TBDMS-Cl, imidazol, pirydyna, *t.pok.*, 3h, 65%; 7) $NCCH_2CH_2OP(Cl)NiPr_2$, DIPEA, DCM, argon, *t.pok.*, 2,5 godz., *W*=62%; 8) metoda amidofosforynowa w fazie stałej; 9) ligaza RNA.

Podziękowania: III edycja konkursu CB POB projekt pt. Opracowanie metodyki analizy epitranskryptomu eukariotycznych cząsteczek tRNA z użyciem sekwencjonowania trzeciej generacji Oxford NanoPore.

- [1] Y. Fu, Q. Dai, W. Zhang, J. Ren, T. Pan, Ch. He, Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 49 (2010) 8885–8888.
[2] M.T. Parker et al., Elife 9 (2020) e49658.

BIODEGRADACJA OLEJU NAPĘDOWEGO W ŚRODOWISKU WODNYM Z UŻYCIEM IMMOBILIZOWANYCH KOMÓREK GRZYBÓW STRZĘPKOWYCH

Karolina Murawska

Promotor: **dr inż. Katarzyna Struszczyk-Świta**

Opiekun: **dr hab. inż. Olga Marchut-Mikołajczyk, prof. PŁ**

*Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Biotechnologii
Molekularnej i Przemysłowej, ul. Wólczańska 171/173, 90-057 Łódź*

Katastrofa tankowca Exxon Valdez w 1989 roku była punktem zwrotnym dla zrozumienia potrzeby działań w zakresie zapobiegania wyciekom ropy naftowej do środowiska wodnego i skutecznego nimi zarządzania. Naukowcy i specjaliści od środowiska nadal pracują nad doskonaleniem metod biodegradacji i ekologicznych sposobów utylizacji ropy oraz pozyskiwanego z niej oleju napędowego (Diesla). Mikroorganizmy mogą przeprowadzać proces utylizacji węglowodorów ropy naftowej poprzez różne reakcje biologiczne, takie jak utlenianie, redukcja, dealkilowanie i hydroliza [1]. Środowiska zanieczyszczone węglowodorami pochodzącymi z ropy naftowej często występują w regionach o ekstremalnych warunkach, takich jak kwaśne lub zasadowe pH, niska lub wysoka temperatura oraz wysokie zasolenie [2]. Zasolenie negatywnie wpływa na degradację węglowodorów przez mikroorganizmy, powodując stres osmotyczny i lizę komórek.

Stwierdzono, że grzyby strzępkowe są skutecznym narzędziem w degradacji węglowodorów [1,3]. Niektóre z nich, takie jak *Fusarium lateritium*, *Papulaspora sp.* i *Drechslera sp.*, są zdolne do degradacji węglowodorów pochodzących z ropy naftowej w środowisku o wysokim zasoleniu [3]. Jednak wciąż przeprowadza się niewiele kompleksowych badań dotyczących wykorzystania grzybów strzępkowych do degradacji zarówno ropy naftowej jak i oleju napędowego, stanowiących zanieczyszczenie środowiska wodnego, w różnych warunkach zasolenia i temperatury.

W ramach przeprowadzonych badań opracowano skuteczną metodę biodegradacji oleju napędowego w środowisku wodnym, charakteryzującym się różnym stopniem zasolenia (stężenie NaCl 0 – 8% w/v), z wykorzystaniem immobilizowanej w nośniku poliuretanowym grzybni *Bjerkandera adusta* lub/i *Mucor circinelloides*.

Podziękowania: Dziękuję wszystkim osobom zaangażowanym w moje badania.

- [1] M.G. Barron, D.N. Vivian, R.A. Heintz, U.H. Yim, Environ. Sci. Technol. 54 (2020) 6456–6467.
- [2] N. Das, P. Chandran, Biotechnol. Res. Int. 2011 (2011) 941810.
- [3] A.Ehsan, J. Kian Jenab, M. Hamid Mogh, J. Environ. Anal. Chem. 102 (2022) 7199–7208.

OPRACOWANIE, CHARAKTERYSTYKA ORAZ OCENA BIOZGODNOŚCI *IN VIVO* NOWEGO NOŚNIKA CHITOZANOWEGO DLA PRĄTKÓW *MYCOBACTERIUM BOVIS* BCG DO WSPOMAGANIA LECZENIA ZAKAŻEŃ *HELICOBACTER PYLORI*

Weronika Orlowska

Promotor: **prof. dr hab. Magdalena Mikołajczyk-Chmiela**

Opiekun: **dr Weronika Gonciarz**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Immunologii i Biologii
Infekcyjnej, ul. S. Banacha 12/16, 90-237 Łódź*

Mukoadhezyjny chitozan (Chtz) jest stosowany do opracowywania systemów dostarczania leków m.in. mikrocząstek (MPs), warunkujących ochronę substancji leczniczych oraz ich docelowe, przedłużone uwalnianie w ustroju. U ok. 20% osób zakażonych pałeczkami *Helicobacter pylori* (Hp) dochodzi do rozwoju zapalenia błony śluzowej żołądka i dwunastnicy, wrzodów, a nawet nowotworów. Wzrastająca lekooporność i zdolność Hp do osłabiania odpowiedzi odpornościowej gospodarza, skłaniają do poszukiwania formułacji wspomagających leczenie zakażeń Hp. W badaniach Zespołu wykazano, że prątki *Mycobacterium bovis* BCG (onko-BCG, Biomed, Lublin) pobudzają makrofagi do fagocytozy, hamowanej przez Hp. Ograniczają także wydzielanie Mucyny 5 śluzu żołądkowego, a przez to adhezję Hp do nabłonka żołądka. Celem pracy jest opracowanie dwóch typów MPs Chtz dostarczających onko-BCG do żołądka, aby po uwolnieniu hamowały adhezję Hp oraz do jelita, gdzie indukowane są procesy odpornościowe, wraz z charakterystyką fizykochemiczną oraz oceną biozgodności *in vivo* samych MPs. MPs otrzymano metodą suszenia rozpyłowego modyfikowanych roztworów Chtz i oceniano fizykochemicznie (DSC, SEM, ¹³C NMR, FT-IR). Po uprzednim potwierdzeniu biozgodności *in vitro* (dane niepublikowane), na modelu kawii domowej (zgoda ŁB 16/234/2022) oceniano biozgodność MPs śródskórnie oraz efekty potencjalnej biodystrybucji po podaniu *per os*. Po 24h, 48h i 72h oznaczano skórny odczyn alergiczny, w surowicy i wątrobie poziom aminotransferaz (test ELISA), surowicze stężenie cytokin prozapalnych (test ELISA) i proliferację limfocytów T (test radioaktywny). Zamykano onko-BCG w MPs, oceniano żywotność prątków i kinetykę ich uwalniania. Uzyskano w pełni biozgodne *in vitro* i *in vivo* MPs Chtz o określonych właściwościach fizykochemicznych. MPs wykazują wysoką ładowność żywych prątków BCG, które *in vivo* mogą zostać dostarczone i uwolnione w kwaśnym pH żołądka oraz w zasadowym pH jelita. Opracowane Chtz MPs z onko-BCG zostaną skierowane do dalszych badań *in vivo* w kontekście kontrolowania zakażenia Hp. Zgłoszenie patentowe nr P.444927: *Sposób otrzymywania biopolimerowego nośnika prątków szczepionkowych Mycobacterium bovis BCG do zwalczania zakażenia bakteriami Helicobacter pylori*.

Podziękowania: dr hab. Marek Brzeziński, prof. CBMM, dr Artur Lewandowski.

POSZUKIWANIA NOWYCH ZASTOSOWAŃ TRIFLUOROMETYLOENONÓW JAKO BLOKÓW BUDULCOWYCH W SYNTEZIE ORGANICZNEJ

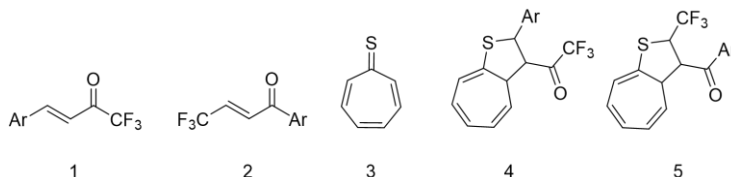
Katarzyna Sokulska

Promotor: dr Emilia Obijalska

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Związki fluoroorganiczne do tej pory znalazły szerokie zastosowanie jako farmaceutyki, barwniki oraz środki ochrony roślin. W syntezie organicznej wiele efektywnych organokatalizatorów zawiera w swojej strukturze pojedyncze atomy fluoru lub grupy fluoroalkilowe. Nietypowe właściwości pozwalają na liczne zastosowania pochodnych fluoroorganicznych w zaawansowanych materiałach oraz farmaceutykach [1]. Celem niniejszej pracy magisterskiej było sprawdzenie możliwości wykorzystania ‘fluorowanych’ enonów **1** i **2** jako substratów w reakcjach Stettera oraz Mority-Baylisa-Hillmana

W ramach prac eksperymentalnych przeprowadzono syntezy wybranych trifluorometyloenonów **1** i **2**. Związki wyjściowe **1** otrzymano w wyniku kondensacji aldolowej 1,1,1-trifluoroacetonu z aromatycznym aldehydem. Substraty **2** otrzymano w wyniku addycji anionu generowanego z 2-bromo-1,1,1-trifluoropropenu do aldehydu aromatycznego. Powstający alkohol propargilowy izomeryzował do odpowiedniego enonu pod wpływem Et₃N. Następnie otrzymane związki wyjściowe poddano, w modelowych warunkach, reakcji Stettera i Mority-Baylisa-Hillmana. W przypadku reakcji Stettera obserwowano sygnały odpowiednich produktów w mieszaninie poreakcyjnej, jednak tautomeryzacja produktów uniemożliwiła ich wyizolowanie. Natomiast w przypadku reakcji MBH otrzymano śladowe ilości produktów. Z powodu niepowodzeń powyższych eksperymentów postanowiono poszukać innych reakcji, w których dotychczas enony **1** i **2** nie były wykorzystywane. Przeprowadzono reakcje związków **1** i **2** z tropotionem **3**, który badano w ostatnim czasie w KChOiS UŁ [2]. W wyniku cykloaddycji [8+2] enonu **1** do tropotionu **3** otrzymano cykloaddukt **4** oraz analogicznie z enonem **2** produkt **5**.



Rys. 1.

- [1] J.-P. Bégué, D. Bonnet-Delpon, Bioorganic and Medicinal Chemistry of Fluorine, J. Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2008.
[2] G. Młostoń, M. Celeda, M. Palusiak, Carbohydr. Res. 529 (2023) 108844.

SYNTEZA I OCENA WŁAŚCIWOŚCI POCHODNYCH 1,3,5-TRIAZyny ZAWIERAJĄCYCH FRAGMENTY PEPTYDOWE ORAZ ZWIĄZKI O DZIAŁANIU PRZECIWNOWOTWOROWYM

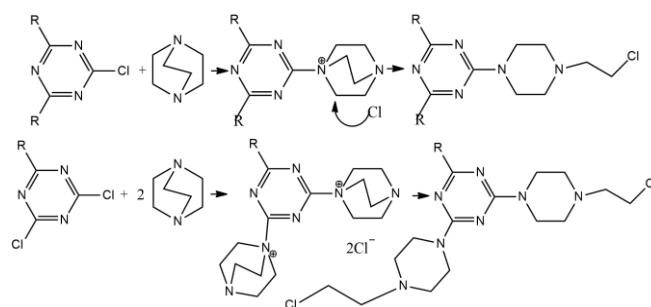
Paulina Staszewska

Promotor: dr hab. inż. Justyna Frączyk

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Choroby nowotworowe, mimo że coraz lepiej poznane, stanowią wciąż wyzwanie dla środowisk naukowych. Z roku na rok odnotowuje się wzrost liczby diagnoz i zgonów spowodowanych chorobami nowotworowymi. W 2019 roku zarejestrowano ponad milion nowych przypadków chorych z nowotworami prostaty, piersi, płuc, żołądka czy jelita grubego. Dostępne metody leczenia chorób nowotworowych cechują się ograniczeniami związanymi ze słabą selektywnością, potencjalną lekoopornością i możliwością nawrotów choroby. W celu zmniejszenia ograniczeń stosowanych leków prowadzone są poszukiwania nowych związków o aktywności przeciwnowotworowej lub nad nadaniem odpowiednich właściwości znanym już związkom przeciwnowotworowym. Wstępne badania wykazały, że pochodne 1,3,5-triazyny posiadają właściwości cytotoksyczne względem komórek nowotworowych [1]. Ponadto, prowadzone są badania nad otrzymywaniem pochodnych 1,3,5-triazyny, charakteryzujących się inhibicją enzymów zaangażowanych w cykl proliferacji komórkowej [2].

Włączając się w nurt prowadzonych badań podjęto próbę syntezy pochodnych 1,3,5-triazyny, zawierających w strukturze fragmenty przeciwnowotworowe oraz fragmenty peptydowe modulujące właściwości biologiczne otrzymanych koniugatów. W syntezie wykorzystano 1,4-diazabicyklo [2.2.2]oktan, który po wprowadzeniu do struktury 1,3,5-triazyny ulega otwarciu do 2-chloroetyloaminy, która jest fragmentem charakterystycznym dla iperytów azotowych [2].



Schemat 1. Synteza pochodnych 1,3,5-triazyny zawierających fragmenty 2-chloroetyloaminowe.

- [1] M. Chalermnon, S. Cherdchom, A. Sereemasapun, R. Rojanathanes, T. Khotavivattana, *Molecules* 26 (2021) 1028.
[2] B. Kolesinska, K. Barszcz, Z.J. Kaminski, D. Drozdowska, J. Wietrzyk, M. Switalska, J. *Enzyme Inhib. Med. Chem.* 27 (2012) 619–627.

NIEOCZEKIWANA STEREOSELEKTYWNA EPIMERYZACJA PRODUKTU ASYMETRYCZNEJ REAKCJI [3+2]-CYKLOADDYCJI

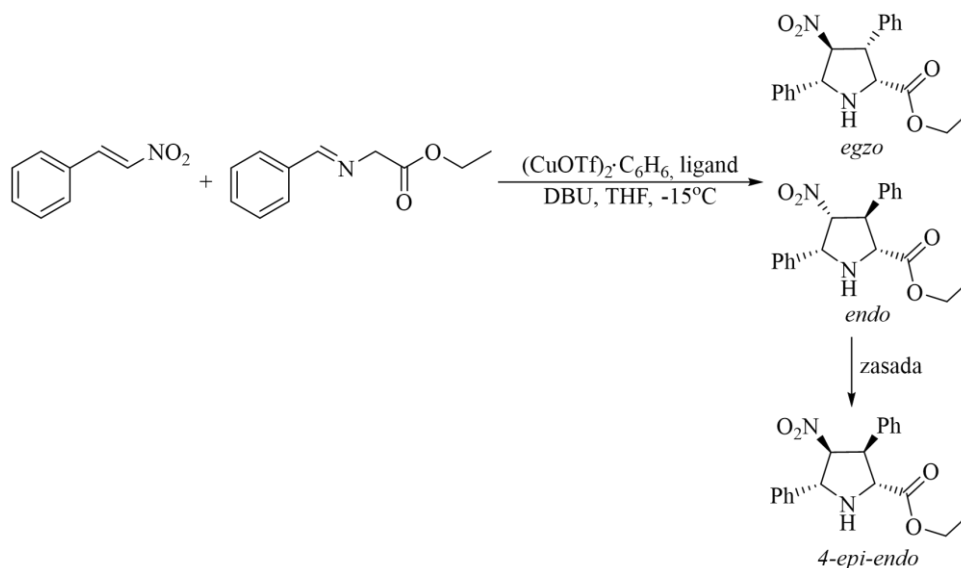
Julia Szymańska

Promotor/Opiekun: **dr hab. Michał Rachwański, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
Zakład Katalizy i Syntezy Organicznej, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Celem pracy była synteza trzech grup chiralnych, optycznie czystych ligandów zawierających grupę fosfinową lub fosfinyłową oraz pierścień aziridyny, a następnie przetestowanie ich pod kątem aktywności katalitycznej w asymetrycznej reakcji [3+2]-cykloaddykcji, która zachodzi pomiędzy *trans* β -nitrostyrenem (dipolarofilem), a iminoestrami (1,3-dipolami). Reakcja ta zazwyczaj przebiega według mechanizmu uzgodnionego [1], w którego efekcie powstają dwa potencjalne produkty. Jednak możliwe jest utworzenie się również innych diastereoizomerów, jeżeli reakcja nie przebiega według mechanizmu uzgodnionego, tylko etapowego [2].

Przeprowadziłam szereg reakcji [3+2]-cykloaddykcji z ligandami, które doprowadziły do powstania produktów *endo* i *egzo* procesu uzgodnionego. Nieoczekiwanie wydzieliłam również produkt sugerujący zachodzenie dodatkowych procesów podczas reakcji katalitycznej.



Schemat 1. Reakcja asymetrycznej [3+2]-cykloaddykcji.

Produkty tej reakcji asymetrycznej posiadają w swojej strukturze powszechnie znany motyw farmakoforowy, jakim jest pierścień pirolidyny.

[1] J.Y. Li, H.Y. Kim, K. Oh, Org. Lett. 17 (2015) 1288–1291.

[2] T. Arai, N. Yokoyama, A. Mishiroy, H. Sato, Angew. Chem. Int. Ed. 49 (2010) 7895–7898.

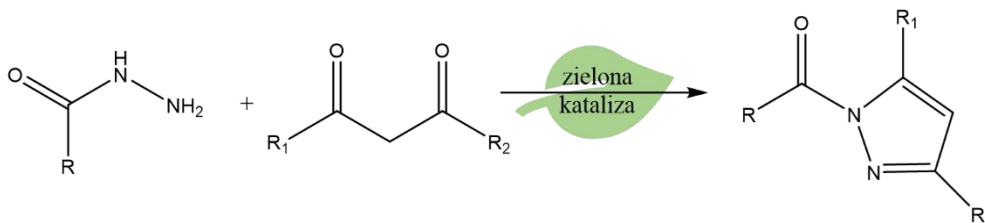
PORÓWNANIE NOWOCZESNYCH METOD SYNTEZY ZALICZANYCH DO „ZIELONEJ CHEMII” NA PRZYKŁADZIE OTRZYMYWANIA POCHODNYCH N-ACYLOPIRAZOLU

Eliza Świętczak

Promotor/Opiekun: dr Adam Marek Pieczonka

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

We współczesnej chemii organicznej wykorzystuje się nowoczesne metody syntezy, które pozwalają na unikanie stosowania toksycznych katalizatorów oraz na zmniejszenie czasu prowadzenia reakcji. Nowoczesnymi metodami wpisującymi się w zasady „zielonej chemii” są metody mechanochemiczne – synteza w młynie kulowym [1], sonochemiczne – sonifikacja ultradźwiękami [2] oraz synteza w reaktorze mikrofalowym [3]. Zielona chemia kieruje się 12 zasadami. Projektuje, rozwija i wprowadza nowe chemikalia i technologie, pamiętając o konsekwencjach, jakie ich użycie może przynieść, szczególnie pod względem zużycia materiałów i powstających odpadów [4][5]. Pirazol jest to pięcioczłonowy związek aromatyczny, zawierający w swojej strukturze dwa atomy azotu. Pochodne pirazolu, można wykorzystać w elektronice organicznej ze względu na ich właściwości luminescencyjne i filmotwórcze.



Schemat 1. Ogólny schemat syntezy otrzymywania pochodnych pirazolu.

- [1] E.C. Guadino, G. Grillo, M. Manzoli, S. Tabasso, S. Maccagnan, G. Cravotto, *Molecules* 27 (2022) 449.
- [2] Z. Jelińska, *Laborant* 11 (2015) 48–53.
- [3] C.O. Kappe, *Angew. Chem. Int. Ed.* 43 (2004) 6250–6284.
- [4] Cz. Puchała, *Chem. Environ. Biotechnol.* XVI (2013) 7–15.
- [5] T. Paryczak, A. Lewicki, *Przemysł Chemiczny* 82 (2003) 8–9.

SYNTEZA CHIRALNYCH POCHODNYCH FUNKCJONALIZOWANYCH AMINOKWASÓW ZAWIERAJĄCYCH W SVOJEJ BUDOWIE FRAGMENTY FARMAKOFOROWE

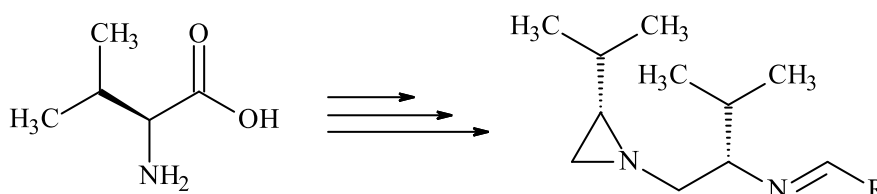
Patrycja Tkaczyk

Promotor/Opiekun: dr Adam Marek Pieczonka

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Chiralność jest niezwykle ważna w wielu dziedzinach przemysłu m. in. spożywczym, perfumeryjnym, a przede wszystkim farmaceutycznym. Co więcej, jest ona kluczowa podczas syntezy potencjalnych leków, ponieważ związki chemiczne posiadające różną konfigurację centrum stereogenicznego często wykazują zróżnicowane właściwości. Niektóre leki sprzedawane są w postaci pojedynczych enancjomerów, a pozostałe z nich w postaci mieszaniny racemicznej. Enancjomery charakteryzują się różnorodnymi właściwościami farmakodynamicznymi oraz farmakokinetycznymi. Po wielokroć zdarza się tak, że jeden z enancjomerów posiada działanie terapeutyczne, a drugi z nich, nie tylko nie przyczynia się do poprawy stanu pacjenta, lecz także może powodować niepożądane skutki uboczne. Przez długi czas uważano, że niemożliwe jest otrzymanie pojedynczych, czystych enancjomerów związków. Jednak jak już dzisiaj wiemy jest to nie tylko możliwe, lecz w niektórych sytuacjach nawet konieczne. Związki w postaci pojedynczych enancjomerów można uzyskać poprzez syntezę z użyciem substratów, którymi są enancjomerycznie czyste związki naturalne – najczęściej są to aminokwasy lub cukry. Z tych cząsteczek wybiera się fragmenty, które posiadają w swojej strukturze potrzebne centra stereogeniczne, aby następnie móc je włączyć do syntezowanych produktów [1,2].

Celem przedstawionej pracy jest omówienie badań dotyczących syntezy serii chiralnych pochodnych funkcjonalizowanych aminokwasów zawierających w swojej budowie fragmenty farmakoforowe. Związkiem wyjściowym, który dostarcza produktom centra stereogeniczne jest naturalny aminokwas – *L*-Walina, natomiast fragmenty farmakoforowe zawarte w otrzymanych pochodnych to m.in. pierścień azirydynowy oraz grupa iminowa.



Rys. 1. Schemat syntezy związków docelowych.

[1] J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers. Chemia organiczna cz. IV, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

[2] A.M. Pieczonka, E. Misztal, M. Rachwalski, S. Leśniak, Arkivoc 2 (2017) 223–234.

SELEKCJA I SYNTEZA FRAGMENTÓW BIAŁEK ZDOLNYCH DO SELEKTYWNEGO WIĄZANIA *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

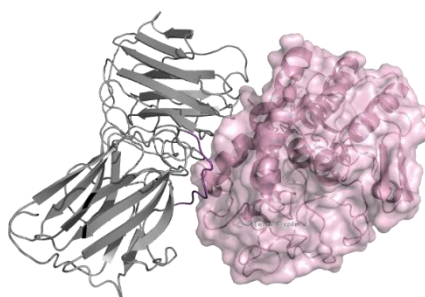
inż. Zuzanna Zająchkowska

Promotor: prof. dr hab. inż. Beata Kolesińska

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Dalekosiężnym celem badań jest opracowanie biosensora pozwalającego na wykrycie obecności patogenu i określenia jakości powietrza pod kątem mikrobiologicznym. *Pseudomonas aeruginosa* stanowi jeden z patogenów najczęściej wywołujących zakażenia szpitalne, w Polsce jest to około 12% [1]. Ponadto blisko 49% izolowanych szczepów *P. aeruginosa* charakteryzuje się wielolekoopornością, co przekłada się na wysoką śmiertelność i znaczący wzrost kosztów opieki zdrowotnej [1, 2].

W ramach prezentowanej pracy wyselekcjonowano fragmenty białek ludzkich zdolnych do wiązania białek błonowych *P. aeruginosa* (białka MSCRAMM - ang. *Microbial Surface Components Recognizing Adhesive Matrix Molecules*). Na drodze systematycznego przeglądu literaturowego wytypowano 5 białek MSCRAMM *P. aeruginosa* o udokumentowanej roli w procesie patogenezy: EstA, OprD, OprG, AnvM, Paf [3, 4]. Wybrane białka wykazują powinowactwo do domen LG4 i LG5 łańcucha α różnych typów ludzkich laminin. Ze względu na częstość występowania danych typów w tkankach najczęściej dotykanych przez zakażenia *P. aeruginosa* (tj. płuca i skóra) do dalszych badań wybrano typy LAMA3 i LAMA5 [1]. Na podstawie modelowania z wykorzystaniem serwera InterEvDock3 interakcji pomiędzy wybranymi białkami MSCRAMM, a białkami ludzkimi, wyznaczono 20 fragmentów laminin o największym prawdopodobieństwie udziału w interakcjach pomiędzy białkami ludzkimi a białkami MSCRAMM. Przykładowy sposób oddziaływanie przedstawia Rysunek 1.



Rysunek 1: Przewidywane interakcje domen LG4 i LG5 lamininy LAMA3 z białkiem EstA *P. Aeruginosa*.

- [1] Á. Ribeiro, M. Crozatti, A. Silva, Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 53 (2019) e20180498.
- [2] B. Nowaczyk, C. Glaza, M. Lorenz, Hygeia Public Health. 53 (2018) 140–148.
- [3] M. Paulsson, Y. Su, T. Ringwood, F. Uddén, K. Riesbeck, Sci. Rep. 9 (2019) 18168.
- [4] Y. Zhang, C. Zhou, Q. Pu, Q. Wu, S. Tan, X. Shao, W. Zhang, Y. Xie, R. Li, X. Yu, R. Wang, L. Zhang, M. Wu, X. Deng, mBio. 10 (2019) e01362-19.

PROJEKTOWANIE I SYNTEZA POCHODNYCH 1,3,5-TRIAZyny ZAWIERAJĄCYCH FRAGMENTY PEPTYDOWE ZWIĘKSZAJĄCE SELEKTYWNOŚĆ ODDZIAŁYWANIA Z KOMÓRKAMI NOWOTWOROWYMI

Sylwia Zawada

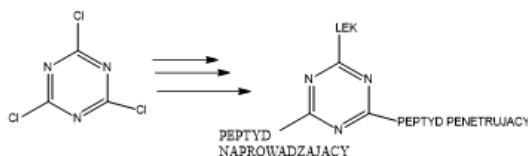
Promotor: **dr hab. inż. Justyna Frączyk**

Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

Choroby nowotworowe stanowią jeden z głównych powodów zgonów na całym świecie. Wśród wielu rodzajów nowotworów rak płuc to jeden z najczęściej występujących przypadków nowotworów złośliwych charakteryzujący się najwyższą śmiertelnością i najniższym wskaźnikiem przeżywalności. Poszukiwanie, projektowanie oraz otrzymywanie efektywnych związków leczniczych to jeden z celów badań współczesnej chemii. Stosowane są dwa podejścia otrzymywania związków o właściwościach leczniczych: a) poszukiwanie nowych związków, b) modyfikacja znanych już cząsteczek.

Jedną z cząsteczek która charakteryzuje się dużym spektrum aktywności biologicznej jest 1,3,5-triazyna (s-triazyna). Jej pochodne wykazują szerokie spektrum działania [1] w tym też aktywność przeciwnowotworową.

W ramach realizacji badań zaprojektowano oraz zsyntezowano związki zbudowane z rdzenia 1,3,5-triazynowego. W wyniku reakcji podstawienia atomów chloru w chlorku 1,3,5-triazyny otrzymywane są związki zawierające w strukturze fragmenty peptydowe o różnych właściwościach biologicznych. W celu zwiększenia oddziaływania pomiędzy pochodną 1,3,5-triazyny a komórkami nowotworowymi wbudowywane są peptydy oddziaływujące z białkami występującymi w nadekspresji w komórkach nowotworowych. Zdolność przenikania do komórki zwiększona zostanie dzięki wprowadzeniu do struktury peptydów penetrujących. Wśród wielu peptydów charakteryzujących się przenikaniem do komórki znane są heksaproliny, peptyd ten został otrzymany i wprowadzony jako jeden z podstawników 1,3,5-triazyny. Ostatni element stanowi wbudowanie cząsteczki o właściwościach przeciwnowotworowych do struktury triazyny w wyniku czego otrzymywane są związki o budowie przedstawionej na rysunku 1.



Rys. 1 Struktura 1,3,5-triazyny.

[1] J. Frączyk, B. Kolesinska, M. Świontek, W. Lipiński, D. Drozdowska, Z.J. Kamiński, *Anti-Cancer Agents Med. Chem.* 16 (2016) 1435–1444.

WPŁYW TEMPERATURY NA SIECIOWANIE WYBRANYCH MIESZANIN ELASTOMEROWYCH I WŁAŚCIWOŚCI ICH WULKANIZATÓW

Nina Bojanowska

Promotor: **dr inż. Aleksandra Smejda-Krzewicka**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-924 Łódź*

Celem pracy była ocena wpływu temperatury na sieciowanie mieszanin elastomerowych oraz na właściwości produktów ich usieciowania. Obiektem badań były mieszaniny kauczuku chloroprenowego (CR) i kauczuku butadienowego (BR), do sieciowania których zastosowałam niekonwencjonalne substancje sieciujące, takie jak: tlenek cynku (ZnO), tlenek żelaza(III) (Fe_2O_3) lub tlenek miedzi(II) (CuO). Wulkanizację mieszanin CR/BR przeprowadziłam w 140, 160, 180 oraz 200°C.

Usieciowany kauczuk butadienowy ze względu na swoją dobrą odporność na zużycie oraz niskie opory toczenia jest elastomerem powszechnie stosowanym w przemyśle. Wulkanizaty otrzymane z BR ze względu na jego regularną strukturę molekularną oraz elastyczny łańcuch charakteryzują się odpornością na niską temperaturę oraz znaczną elastycznością w szerokim zakresie temperatur. W związku z tym elastomer ten często mieszany jest z kauczukiem chloroprenowym w celu poprawy jego właściwości [1]. Kauczuk chloroprenowy ze względu na dobrą przyczepność do metali i betonów oraz odporność na działanie niepolarnych mediów technicznych jest materiałem zaliczanym do elastomerów specjalistycznych. Obecność atomów chloru w łańcuchu głównym powoduje zwiększoną odporność elastomeru na działanie płomienia oraz odporność na starzenie [2].

Otrzymane wulkanizaty zostały scharakteryzowane poprzez następujące badania: właściwości mechaniczne (wytrzymałość na rozciąganie przed i po starzeniu termooksydacyjnym, twardość metodą Shore'a A, wytrzymałość na rozdzieranie), pęcznienie równowagowe, stałe elastyczności Mooneya-Rivlina, różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC), analiza termogravimetryczna (TGA) oraz spektroskopia w podczerwieni (FTiR).

Dla wszystkich badanych mieszanek wraz ze wzrostem temperatury wulkanizacji czas podwulkanizacji oraz wulkanizacji malał. Zwiększenie temperatury wulkanizacji spowodowało wzrost stopnia usieciowania dla próbek z ZnO i CuO , natomiast dla wulkanizatów z Fe_2O_3 stopień usieciowania osiągał podobne wartości. Z badań rozdzierności wynika, że dla wulkanizatów z ZnO wraz ze wzrostem temperatury sieciowania ich odporność na rozdzieranie również się zwiększa.

[1] A. Olejnik, A. Smejda Krzewica, K. Strzelec, M.I. Szynkowska, Int. J. Polym. Anal. 24 (2019).

[2] A. Smejda-Krzewicka, W.M. Rzymski, D. Kowalski, Polimery 60 (2015) 186–191.

CHARAKTERYSTYKA PRODUKTÓW SIECIOWANIA KOMPOZYCJI KAUCZUKU NATURALNEGO ZAWIERAJĄCYCH SUBSTANCJE NATURALNE

Weronika Kowalska

Promotor: dr inż. Aleksandra Smejda-Krzewicka

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

Światowy wzrost cen oraz postępujący kryzys ekologiczny spowodowany m.in. dużym zużyciem tworzyw sztucznych zmusza wiele branż do zastąpienia nieprzyjaznych dla środowiska surowców surowcami pochodzącymi ze źródeł naturalnych. Takie rozwiązania są przyjazne dla środowiska, odnawialne oraz w wielu przypadkach tańsze niż ich konwencjonalne zamienniki.

Tematyka pracy magisterskiej przedstawia wpływ napelnacza pochodzącego ze środowiska naturalnego na właściwości kauczuku naturalnego. użytym bionapelnaczem jest zmielona kora dębu, która została wykorzystana w ilości 5-25 cz. wag. Taka sama jej ilość została zmodyfikowana n-oktadecylotrimetoksylanem. Środek modyfikujący służył do poprawienia kompatybilności międzyfazowej powierzchni kory dębu i matrycy elastomerowej.

Na początku badań przygotowano 11 mieszanek kauczukowych, jedna mieszanka była próbką bez napelnacza – referencyjną. W kolejnych etapach za pomocą reometru ALPHA zgodnie z normą PN-ISO 6502 zbadano kinetykę sieciowania mieszanek, na prasie hydraulicznej mieszanki były poddane procesowi sieciowania. Otrzymane wulkanizaty zbadano pod względem wytrzymałości na rozciąganie, rozdzierności, pęcznienia równowagowego, odporności na starzenie oraz strat energii mechanicznej.

Wyniki zinterpretowano i stwierdzono, że dodatek kory dębu wpływa znacznie na zmianę właściwości wulkanizatów kauczuku naturalnego tylko w przypadku dodania więcej niż 15 cz. wag. bionapelnacza, w próbkach z dodatkiem kory dębu i silanu zmianę właściwości widać już przy bardzo małych ilościach. Dodatek silanu wpłynął na wzrost lepkości i odporności na starzenie oraz spadek stopnia usieciowania. Wszystkie próbki z napelnaczem charakteryzowały się mniejszą odpornością na rozdzielanie oraz większą sztywnością niż próbka referencyjna, jednakże sztywność wulkanizatów nie była duża, ponieważ wyniki badania wydłużenia przy zerwaniu pokazały, że wszystkie napelnione próbki uległy wydłużeniu ponad 100%.

SIECIOWANIE I WŁAŚCIWOŚCI WULKANIZATÓW ZAWIERAJĄCYCH KAUCZUK BUTYLOWY O PODWYŻSZONEJ HYDROFOBOWOŚCI

Konrad Mrozowski

Promotor: **dr inż. Aleksandra Smejda-Krzewicka**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

Wraz z rozwojem technologii tworzyw sztucznych kauczuki i ich wulkanizaty stały się kluczowymi materiałami w przemyśle. Na swoją popularność guma zasłużyła dzięki dobrym właściwościom użytkowym i możliwości różnorodnej funkcjonalizacji [1]. W niniejszej pracy główną uwagę poświęcono kauczukowi butylowemu (IIR), który stosowany jest głównie do wyrobów o zmniejszonej przepuszczalności gazów i cieczy. Wulkanizaty IIR wykazują znaczną odporność na starzenie, działanie czynników atmosferycznych, ozonu, gorącego powietrza oraz kwasów i zasad [2-3].

Celem pracy było wytworzenie wulkanizatów kauczuku butylowego o podwyższonej hydrofobowości. Sporządzono kompozycje IIR zawierające różne napełniacze: krzemionkę, wermikulit, montmorylonit, perlit, rurki haloizytowe. Wszystkie zastosowane napełniacze dodatkowo modyfikowano n-oktadecylotrimetoksylanem. Zbadano kinetykę sieciowania, pęcznienie równowagowe, właściwości mechaniczne, w tym wytrzymałość na rozciąganie, rozdzierność, twardość, oraz odporność na starzenie termooksydacyjne. Ponadto oznaczono efekt Mullinsa, efekt Payne'a, barierowość oraz hydrofobowość za pomocą kąta zwilżalności (Θ) powierzchni badanych wulkanizatów. Kąt zwilżania wody jest miarą hydrofobowości materiału polimerowego. Powierzchnia hydrofilowa charakteryzuje się tym, że nałożona kropla rozplywa się, zwilżając powierzchnię ($\Theta < 90^\circ$). Natomiast powierzchnia hydrofobowa charakteryzuje się tym, iż nałożona kropla wody nie rozlewa się na polimerze ($\Theta > 90^\circ$).

Otrzymane wyniki jednoznacznie potwierdziły, iż stworzone nowe kompozycje elastomerowe zawierające kauczuku butylowe wykazują właściwości hydrofobowe, mimo dodania napełniaczy hydrofilowych. Największy kąt zwilżania ($\Theta = 120,65^\circ$) osiągnęły próbki zawierające montmorylonit. Większość próbek uzyskała kąt zwilżalności ok. 110° , co oznacza podwyższone właściwości hydrofobowe wulkanizatów IIR. Modyfikacja napełniaczy n-oktadecylotrimetoksylanem zwiększyła hydrofobowy charakter otrzymanych materiałów polimerowych.

[1] C. Liu, J. Fan, Y. Chen, Polym. Test. 79 (2019) 106–113.

[2] S. Krzemińska, W. Rzymiski, Polimery 53 (2008) 311–316.

[3] Y. Liang, Y. Wang, Y. Wu, Y. Lu, H. Zhang, L. Zhang, Polym. Test. 24 (2005) 12–17.

ELASTOMERY NA MARSIE: CZY GUMA WYTRZYMA EKSTREMALNE WARUNKI OBCEJ PLANETY?

Norbert Nizel

Promotor: **prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński**

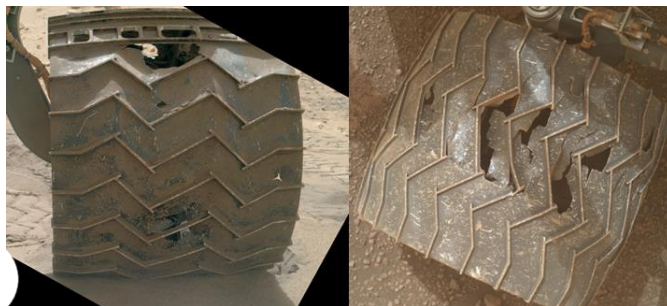
Opiekun: **dr inż. Rafał Anyszka**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź; SKN NANO*

Choć wysłanie człowieka na Marsa zdaje się być na wyciągnięcie ręki, nieprzyjazne warunki Czerwonej Planety, w tym temperatury sięgające $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz destruktywne promieniowanie jonizujące, uniemożliwiają wykorzystanie materiałów stosowanych na ziemi. Guma stanowi kluczowy materiał inżynierski o właściwościach elastycznych i zdolności do tłumienia drgań. Niestety w bardzo niskich temperaturach materiał ten traci swoje unikalne właściwości i staje się podatny na uszkodzenia. Stosowane jak dotąd alternatywy gumy, w tym stopy aluminium używane w kołach łazików, przestają być optymalnym rozwiązaniem ze względu na dużą masę łazików najnowszych generacji prowadzącą do uszkodzeń kół (Rys. 1).

Celem prezentowanych badań było uzyskanie materiałów elastomerowych, z których powstawać mogą opony, uszczelki czy też osłony kabli, zdolne wytrzymać marsjańskie warunki. Do tego celu wykorzystano mieszaninę kauczuku butadienowego (BR) i silikonowego (VMQ), oba charakteryzujące się niezwykle niskimi temperaturami zeszklenia (T_g odpowiednio $-107\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zmieszanie kauczuków pozwoliło połączyć odporność na ścieranie i wytrzymałość mechaniczną BR z wysoką odpornością na niskie temperatury i starzenie VMQ. Dodatkowo, w celu poprawy właściwości mechanicznych i odporności na promieniowanie, jako napełniacz zastosowano sadzę wzmacniającą.

Uzyskane materiały dorównują własnościami mechanicznymi stosowanym na Ziemi gumom, pozostają elastyczne w bardzo niskich temperaturach i potrafią wytrzymać dziesiątki tysięcy lat działania promieniowania kosmicznego. Uzyskane wyniki wskazują na duży potencjał tych materiałów dla przyszłych zastosowań marsjańskich.



Rys. 1. Uszkodzenia kół łazika Curiosity [1].

[1] www.planetary.org/articles/08190630-curiosity-wheel-damage [dostęp 24.05.2023].

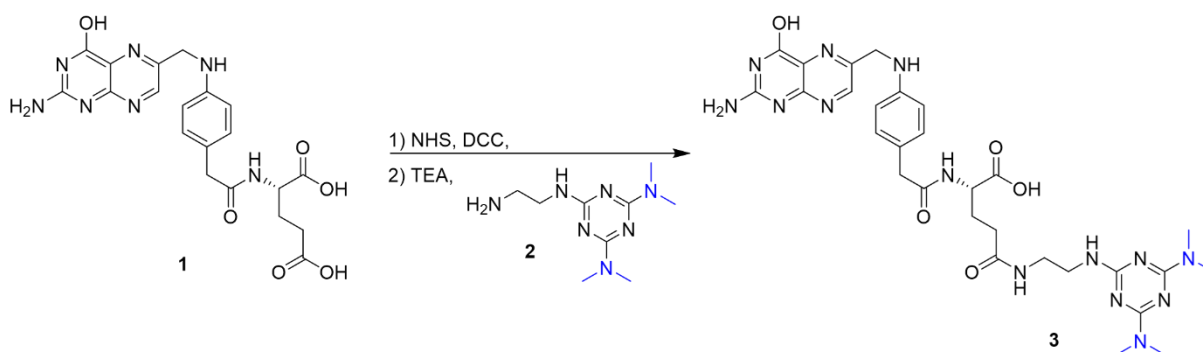
SYNTEZA KONIUGATÓW KWASU FOLIOWEGO Z PEPTYDAMI LUB ZWIĄZKAMI ANTYNOWOTWOROWYMI

inż. Karolina Schabowicz

Promotor: dr inż. Łukasz Janczewski

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Foliany, związki chemiczne z grupy witaminy B₉, do których należy kwas foliowy (FA), są niezbędnym składnikiem naszej diety i mikroflory jelitowej. Są one kofaktorem wielu reakcji metabolicznych do których należy m.in. synteza DNA i aminokwasów oraz metylowanie. Odgrywają również istotną rolę w całym cyklu życia, od ciąży aż do wieku starszego. Kwas foliowy jako syntetyczna forma występuje głównie w suplementach i wzbogaconej żywności, natomiast w przyrodzie można go znaleźć w zielonych, liściastych warzywach (szpinak, sałata) czy owocach (kiwi, maliny) [1].



Celem mojej pracy magisterskiej było opracowanie metody syntezy koniugatu kwasu foliowego sprzężonego linkerem z triazynowym związkiem wykazującym działanie przeciwnowotworowe **3**. Związek ten otrzymałam w dwuetapowej reakcji, w której pierwszym etapem była reakcja kwasu foliowego (**1**) z *N*-hydroksysukcynoimidem (NHS) i *N,N'*-dicykloheksylokarbodiimidem (DCC), a drugim przyłączenie sprzężonego z linkerem pierścienia Altretaminy **2** w obecności trietyloaminy (TEA) [2]. Czystość produktu potwierdzałam za pomocą chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas (LC-MS).

[1] J.F. Goossens, X. Thuru, C. Bailly. *Free Radic. Biol. Med.* 171 (2021) 1–10.

[2] A.F. Trindade, R.F.M. Frade, E.M.S. Maçôas, C. Graça, C.A.B. Rodrigues, J.M.G. Martinho, C. A.M. Afonso. *Org. Biomol. Chem.* 12 (2014) 3181–3190.

HYBRYDOWE KOMPOZYCJE KARBOKSYLOWANEGO KAUCZUKU BUTADIENOWO-AKRYLONITRYLOWEGO I ICH CHARAKTERYSTYKA

Karolina Skwarska

Promotor: **dr inż. Aleksandra Smejda-Krzewicka**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

Karboksylogowany kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (XNBR) otrzymuje się w wyniku terpolimeryzacji emulsyjnej butadienu, akrylonitrylu i monomerów zawierających grupy karboksylowe, takich jak kwas akrylowy i metakrylowy. W konsekwencji otrzymany XNBR po usieciowaniu ma lepszą odporność na ścieranie i rozdzielanie niż odpowiadający mu NBR. Wulkanizaty XNBR charakteryzują się również znakomitą odpornością na oleje, tłuszcze, chemikalia, warunki atmosferyczne oraz zmienne temperatury. Dzięki swoim specjalistycznym właściwościom napełniony i usieciowany XNBR znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu: motoryzacyjnym, budowlanym, a także medycznym [1-4].

Celem mojej pracy było wytworzenie i ocena nowych kompozycji zawierających karboksylowany kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy, usieciowany hybrydowo (jednocześnie siarką i tlenkiem cynku) i zawierający dualistyczne napełniacze, tj. krzemionkę w połączeniu z montmorylonitem (MMT), nanorurkami haloizytowymi (HNT), tlenkiem grafenu (GO), nanotlenkiem tytanu(IV) ($n\text{TiO}_2$), nanotlenkiem miedzi(II) ($n\text{CuO}$) lub nanotlenkiem żelaza(III) ($n\text{Fe}_2\text{O}_3$). W pracy przeprowadziłam kompleksową analizę sieciowania i właściwości wytworzonych materiałów elastomerowych. Zakres badań obejmował charakterystykę procesów sieciowania, wyznaczenie stopnia usieciowania (pęcznienie równowagowe), oznaczenia właściwości mechanicznych (wytrzymałości, rozdzierności, twardości), oznaczenie właściwości dynamicznych (efektu Payne'a), oznaczenie starzenia termooksydacyjnego. Spośród analizowanych wulkanizatów zawierających różne nanonapełniacze największą twardość, stopień usieciowania i naprężenie przy wydłużeniu 100, 200, 300 % odnotowano dla próbek zawierających tlenek miedzi(II) ($n\text{CuO}$).

[1] M.J. Azizli, M. Barghamadi, K. Rezaeeparto, M. Mokhtary, S. Parham, M.J. Darabi, Iran. Polym. J. 30 (2021) 1001–1018.

[2] M.A. Misman, A.R. Azura, Z.A.A. Hamid, Carbohydr. Polym. 128 (2015) 1–10.

[3] W. Parasiewicz, W. M. Rzymiski, Elastomery i Przemysł Gumowy, Instytut Przemysłu Gumowego „STOMIL”, Łódź, 2006.

[4] A. Chunjin, G. Guangbi, Z. Xutao, L. Peng, Polym. Test. 60 (2017) 250–252.

MECHANOCHEMICZNA SYNTEZA SOLI IZOMERÓW KWASU SALICYLOWEGO I 8-HYDROKSY-2-METYLOCHINOLINY

Ewelina Fornal

Promotor: **dr inż. Marcin Świątkowski**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Reakcje mechanochemiczne to reakcje ciał stałych zachodzące podczas ucierania m.in. w moździerzu, mielenia w młynach kulowych, planetarnych, czy wytrząsarkach. Można wyróżnić wiele rodzajów reakcji mechanochemicznych, takich jak techniki wspomagane różnymi substancjami, katalizowane metalem, czy enzymatyczne^[1]. Bezrozpuszczalnikowa synteza jest chętnie wykorzystywana m.in. w projektowaniu czystych i wydajnych syntez farmaceutyków^[2]. W tej dziedzinie szerokie zastosowanie znalazły pochodne chinoliny. W głównej mierze wykorzystywane są jako leki^[3], lub jako fotouczulacze do fotodynamicznej terapii komórek nowotworowych^[4].

Możliwości aplikacyjne związków zawierających pochodne chinoliny, a także zalety syntezy w ciele stałym stały się inspiracją do podjęcia niniejszego tematu badań. Przeprowadzono serię reakcji mechanochemicznych, pomiędzy 8-hydrokso-2-metylochinoliną i trzema izomerami kwasu salicylowego w różnych stosunkach molowych. Przebieg reakcji kontrolowano przy pomocy spektroskopii IR^[5,6]. Produkty otrzymane w wyniku mechanosyntez poddano rekrytalizacji. W rezultacie uzyskano kryształy, które pozwoliły na określenie struktur krytalicznych trzech nowych związków. Przeprowadzone badania dowiodły, że możliwa jest efektywna i szybka mechanochemiczna synteza związków 8-hydrokso-2-metylochinoliny.

[1] T. Friscic, C. Mottillo, H.M. Titi, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 59 (2020) 1018–1029.

[2] D. Tan, L. Loots, T. Frišćić, *Chem. Commun.* 52 (2016) 7760–7781.

[3] O. Afzal, S. Kumar, M.R. Haider, M.R. Ali, R. Kumar, M. Jaggi, S. Bawa, *Eur. J. Med. Chem.* 97 (2015) 871–910.

[4] J. Bai, Y. Qian, *Dyes Pigm.* 181 (2020) 108615.

[5] M. Boczar, Ł. Boda, M. J. Wójcik, *J. Chem. Phys.* 124 (2006) 084306.

[6] W. Amamou, N. Elleuch, H. Feki, N. Chniba-boudjada, F. Zouari, *J. Mol. Struct.* 1083 (2015) 168–174.

KRYSZTAŁY O POTENCJALNEJ AKTYWNOŚCI OPTYCZNEJ

Natallia Husik

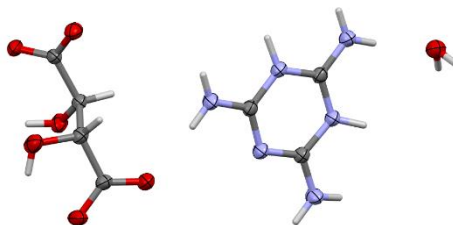
Promotor: **prof. UŁ dr hab. Agnieszka Rybarczyk-Pirek**

Opiekun: **dr Kinga Wzgarda-Raj**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Kryształy enancjomorficzne oraz kryształy z klas symetrii: m , $mm2$, $3m$, $4mm$, $6mm$, $\bar{4}$, $\bar{4}2m$ (niewykazujące centrum symetrii), skręcają płaszczyznę polaryzacji światła, tzn. wykazują aktywność optyczną [1]. Kryształy substancji optycznie czynnych istnieją zawsze w dwóch postaciach, mających się do siebie jak przedmiot i odbicie lustrzalne (umownie prawej i lewej), w których sieć jednego kryształu jest lustrzanie symetryczna względem sieci drugiego. Celem moich badań było otrzymanie wieloskładnikowych kryształów aktywnych optycznie z wykorzystaniem izomerów kwasu winowego. Związek ten może istnieć w dwóch odmianach enancjomerycznych (D i L) oraz w formie optycznie nieaktywnej - kwas mezo-winowy. Do syntez używałam dwóch odmian aktywnych optycznie: kwas(R,R)- L -(+) winowy i kwas (S,S)- D -(+) winowy. Przeprowadziłam syntezę serii kryształów wieloskładnikowych. Otrzymałam kryształy zawierające obydwa optycznie aktywne izomery kwasu winowego oraz melaminę i imidazol.

Struktury te krystalizują w układzie jednoskośnym w niecentrosymetrycznej grupie $P2_1$. Zarówno melamina jak i imidazol występują w formach kationowych i przez sieć wiązań wodorowych są połączone z anionami kwasu winowego. Dodatkowo w przypadku melaminy kryształ ma formę hydratu z jedną cząsteczką wody przypadającą na parę anion-kation. W swojej pracy wykonałam również analizę cząsteczkowych powierzchni Hirshfelda i przeanalizowałam charakter oddziaływań międzycząsteczkowych stabilizujących badane struktury.



Układ cząsteczek w części symetrycznie niezależnej komórki kryształu. Układ – melamina i kwas winowy R,R .

[1] Z. Trzaska Durski, H. Trzaska Durska, Podstawy krystalografii, Warszawa, 2003, str.136–137.

KWAS LIPONOWY – BADANIA KOMPLEKSOWANIA Z UKŁADAMI BIOLOGICZNIE AKTYWNYMI POSZERZONE O ANALITYKĘ SUPLEMENTÓW DIETY

Adrian Olszewski

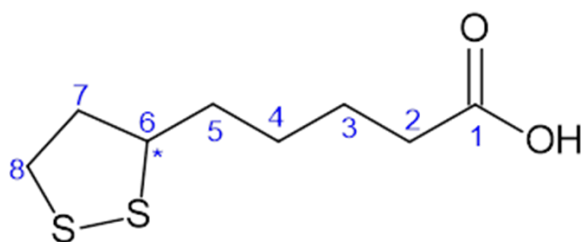
Promotor/Opiekun: dr Kinga Wzgarda-Raj

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Teoretycznej i Strukturalnej, Katedra Chemii Środowiska, ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź

Kwas α -liponowy (LA) jest siarkoorganicznym związkiem chemicznym [1]. Naturalnie kwas ten występuje w roślinach takich jak: szpinak, pomidor, brokuł, zielony groch czy brukselka. Jego źródłem jest również czerwone mięso oraz podroby [2,3].

Na przestrzeni ostatnich lat kwas liponowy stał się popularnym składnikiem różnych produktów farmaceutycznych, suplementów diety i karm dla zwierząt. Doniesienia literaturowe wskazują na liczne właściwości LA, takie jak: chelatowanie metali czy przeciwutlenianie. Ta ostatnia własność wynika z faktu, że kwas liponowy, wraz z jego zredukowaną formą kwasem dihydroliponowym (DHLA), tworzą bardzo silną parę redoks [4].

Badania prowadzone w ramach przygotowania pracy magisterskiej opierały się na dwóch filarach. Pierwsze prace obejmowały poszukiwanie ko-kryształów kwasu liponowego z zasadami azotowymi. W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano hydrat ko-kryształu kwasu liponowego z adeniną. Ponadto zoptymalizowano metodę oznaczania LA w suplementach diety. Przebadano siedem różnych suplementach diety pod kątem zawartości oznaczonego związku i stwierdzano, że zgodności z deklarowanymi przez producenta wartościami mieściły się w przedziale od 87,94% do 103,29%.



Schemat 1. Wzór strukturalny kwasu liponowego. Asymetryczny atom węgla został oznaczony za pomocą (*).

- [1] B. Salehi, Y. Berkay Yilmaz, G. Antika, T. Boyunegmez Tumer, M. Fawzi Mahomoodally, D. Lobine, M. Akram, M. Riaz, E. Capanoglu, F. Sharopov, N. Martins, W.C. Cho, J. Sharifi-Rad, *Biomolecules* 9 (2019) 356.
- [2] H. Khan, T.G. Singh, R.S. Dahiya, M.M. Abdel-Daim, *Neurochem. Res.* 47 (2022) 1853–1864.
- [3] A. Skorupa, S. Michałkiewicz, *Wiadomości Chemiczne* 71 (2017) 817–842.
- [4] R.L. Searls, D.R. Sanadi, *J. Biol. Chem.* 235 (1960) 2485.

ZWIĄZKI HETEROCYKLICZNE – STRUKTURA A AKTYWNOŚĆ PRZECIWDEPRESYJNA

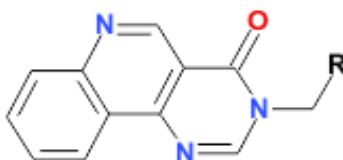
inż. Mateusz Romański

Promotor: dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. PŁ

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Chemia medyczna staje się coraz ważniejszą dziedziną nauki, która zajmuje się m.in. poszukiwaniem nowych, skutecznych leków. Są to badania interdyscyplinarne, które łączą zarówno farmaceutów, biologów jak i chemików.

Depresja staje się coraz powszechniejszą chorobą – znakiem naszych czasów i dotyka nie tylko dorosłych, ale i dzieci. Długolańcuchowe arylopiiperazyny (LCAP) są znane jako ligandy receptora serotoninowego, stosowane jako środki czynne w lekach przeciwdepresyjnych [1]. We współpracy z prof. Andrzejem Stańczakiem z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi zbadane zostały związki o trójcyklicznej grupie terminalnej (rys.1). Przedstawiona została analiza strukturalna dwóch pochodnych cynoliny [2]. Dla związków tych została wykonana analiza ADME wskazująca, że są one zdolne do wchłaniania z przewodu pokarmowego, a jeden z nich także przechodzi barierę krew-mózg. Zostało również wykonane obliczenie dokowania molekularnego do receptora 5-HT_{1A} (PDB: 7E2Y [2]).



Rys 1. Wzór badanych związków.

Składam podziękowania dla prof. dr hab. n. farm. Andrzeja Stańczaka z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, od którego pochodziły badane związki

- [1] W. Lewgowd, A.J. Bojarski, M. Szczesio, A. Olczak, M.L. Glowka, S. Mordalski, A. Stanczak, Eur. J. Med. Chem. 46 (2011) 3348–3361.
[2] W. Lewgowd, A. Stanczak, Arch. Pharm. Chem. Life Sci. 340 (2007) 65–80.
[2] P. Xu, S. Huang, H. Zhang, C. Mao, X. Edward Zhou, X. Cheng, I.A. Simon, D.-D. Shen, H.-Y. Yen, C.V. Robinson, K. Harpsøe, B. Svensson, J. Guo, H. Jiang, D.E. Gloriam, K. Melcher, Y. Jiang, Y. Zhang, H.E. Xu, Nature 592 (2021) 469–473.

STRUKTURY POLIMERYCZNE SOLI MIKONAZOLU Z WYBRANYMI KWASAMI PIRYDYNODIKARBOKSYLOWYMI

Klaudia Towalska

Promotor/Opiekun: **dr hab. Lilianna Chęcińska, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Kokryształy farmaceutyczne są układami wieloskładnikowymi, składającymi się z dwóch lub więcej substancji, w których aktywny składnik farmaceutyczny (*ang.* active pharmaceutical ingredient, API) i koformer, znajdują się w stosunku stechiometrycznym i połączone są ze sobą niekowalencyjnymi oddziaływaniami w sieci krystalicznej [1]. Wśród kryształów wieloskładnikowych z udziałem API, oprócz kokryształów, także inne formy odgrywają istotną rolę, są to odmiany pseudopolimorficzne API (solwaty/hydraty) oraz sole powstałe w wyniku przeniesienia protonu między koformerem, a substancją aktywną [2].

Głównym celem pracy magisterskiej była synteza kryształów wieloskładnikowych z mikonazolem (MIC, substancja aktywna o działaniu przeciwgrzybiczym) i dwoma wybranymi koformerami spośród kwasów pirydynodikarboksylowych (Py-DCA) oraz analiza strukturalna otrzymanych kryształów z wykorzystaniem dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego. W wyniku kokrysztalizacji zostały otrzymane i opisane dwa nowe wieloskładnikowe układy w formie monohydratowanych soli, są to: MIC·Py-2,3-DCA·H₂O oraz MIC·Py-2,6-DCA·H₂O.

W kryształach otrzymanych soli tworzą się mono-periodyczne, polimeryczne łańcuchy wzdłuż osi Z generowane przez charakterystyczne oddziaływania typu O···H···O, gdzie atom wodoru leży dokładnie w połowie odległości między atomami tlenu. W kryształach soli z kwasem podstawionym w pozycji 2,3 sąsiednie polimeryczne łańcuchy oddziałują ze sobą za pomocą kontaktów typu C–H···O wzdłuż osi krystalograficznej X tworząc di-periodyczną warstwę molekularną (010). Między warstwami można zaobserwować oddziaływania typu π - π oraz C–H··· π . W kryształach soli z kwasem podstawionym w pozycji 2,6 cząsteczki tego kwasu układają się współpłaszczyznowo z pierścieniem imidazolowym w mikonazolu. W ten sposób polimeryczne łańcuchy zbudowane z anionów wraz z przyłączonymi do nich kationami mikonazolu tworzą motyw mono-periodycznej wstęgi.

Podziękowania: Studenckie Granty Badawcze – Edycja 2023.

[1] N. Schultheiss, A. Newman, Cryst. Growth Des. 9 (2009) 2950–2967.

[2] D.D. Gadade, S.S. Pekamwar, Adv. Pharm. Bull. 6 (2016) 479–494.

**STRESZCZENIA POSTERÓW
DOKTORANTÓW**

POLI(LAKTYD) W DRODZE DO ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU: WPROWADZENIE FUNKCYJNYCH ACETALI DO ŁAŃCUCHA POLIESTRU

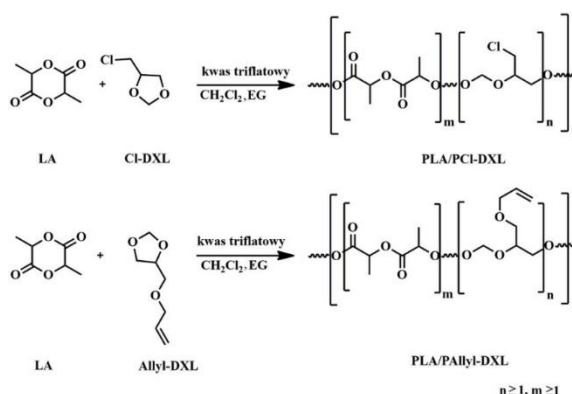
Karolina Cichoń

Promotor: **dr hab. Małgorzata Baśko**
Promotor pomocniczy: **dr Bartłomiej Kost**

*Szkoła Doktorska BioMedChem UŁ i Instytutów PAN ul. Narutowicza 68, 90-136 Łódź
Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk w Łodzi,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź*

Zwiększająca się świadomość ekologiczna społeczeństwa, a także konieczność ochrony środowiska doprowadziła do wzrostu zainteresowania materiałami biodegradowalnymi. W tym kontekście materiałem przyjaznym środowisku stał się polilaktyd (PLA). Jednakże pomimo wielu zalet PLA posiada właściwości, które ograniczają jego szersze wykorzystanie. Ponieważ jednostki powtarzalne tworzące łańcuch PLA nie zawierają żadnych reaktywnych grup bocznych, dalsza postmodyfikacja polimeru jest mocno utrudniona. Celem naszych prac było wprowadzenie do szkieletu PLA jednostek acetalowych wyposażonych w grupy funkcyjne umożliwiające funkcjonalizację otrzymanych kopolimerów. Co ważne, jednostki acetalowe, labilne w warunkach kwasowych, podwyższają również zdolność łańcucha do degradacji [1].

Aby otrzymać sfunkcjonalizowany polilaktyd zastosowano kationową kopolimeryzację wybranych, funkcyjnych cyklicznych acetalu (4-chlorometylo-1,3-dioksolanu, 4-[(alliloksy)metylo]-1,3-dioksolanu) z laktydem (Schemat 1). Prezentowane wyniki przedstawiają wpływ temperatury i czasu reakcji na masę molową i skład kopolimerów. Wykazano również zdolność otrzymanych kopolimerów do modyfikacji stosując reakcje z azydkiem sodu i propanotiolem.



Schemat 1. Kationowa kopolimeryzacja laktydu z cyklicznymi acetalami.

Badania sfinansowane z grantu NCN Miniatura 5 NR DEC-2021/05/X/ST5/00491

[1] B. Kost, M. Baśko, Polym. Chem. 12 (2021) 2551–2562.

KOMPLEKS INKLUZYJNY α -CYKLODEKSTRYNY Z KWASEM P-AMINO BENZOESOWYM – SYNTEZA I STRUKTURA KRYSTALICZNA

Patryk Czapnik

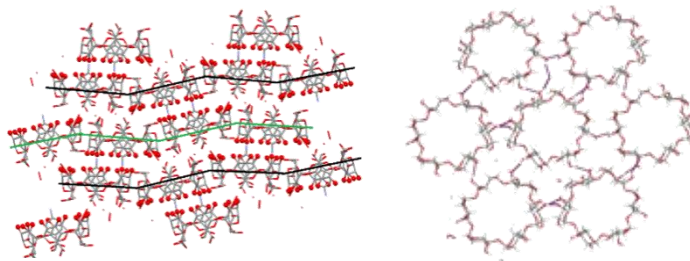
Promotor: dr hab. Magdalena Malecka, prof. UŁ

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie struktury krystalicznej kompleksu inkluzyjnego α -cyklodekstryny z kwasem p-aminobenzoowym. Otrzymano monokryształy kompleksu inkluzyjnego, które zbadano za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej. Wykonano także dodatkowe pomiary metodami skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) oraz spektrometrii FT-IR, dzięki którym potwierdzono tworzenie się kompleksów inkluzyjnych. Ligand inkluduje się do hydrofobowej wnęki makrocykla w stosunku stechiometrycznym 1:1. Sąsiadujące ze sobą nanokontenery układają się w warstwy według schematu ABAB (Rys. 1.). Liczne wiązania wodorowe występujące w strukturze krystalicznej odpowiadają za specyficzne ułożenie warstwowe. Pierścienie cyklodekstryn znajdujące się w sąsiednich warstwach ułożone są w znacznej części w sposób „głowa do głowy”.

Tabela 1. Podstawowe dane krystalograficzne

a [Å]	13,4505
b [Å]	15,4519
c [Å]	24,6570
$\alpha = \beta = \gamma$ [°]	90
T [K]	100
V [Å ³]	5124,61
G.P.	P 2 ₁ 2 ₁ 2 ₁
R1	0,0538
wR2	0,1673
S	1,033



Rys. 1. Schemat ułożenia kompleksów inkluzyjnych w warstwy (rysunek po lewej) oraz schemat ułożenia kompleksów inkluzyjnych w płaszczyźnie (rysunek po prawej).

ATP ANALOGUES AS LIGANDS FOR NPP1 PROTEIN - THEORETICAL ANALYSIS

Sepideh Jafari

Supervisor: **prof. dr hab. Arkadiusz Chworos**

Advisor: **dr Roza Pawlowska**

*Centre of Molecular and Macromolecular Studies of the Polish Academy of Sciences, Department
of Bioorganic Chemistry, Sienkiewicza 112, 90-363 Lodz*

Ectonucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase (ENPP) is a family of membrane glycoproteins with an extracellular active which is responsible for hydrolyzing phosphodiester and pyrophosphate nucleotides that results in the nucleoside monophosphates [1, 2]. It is a membrane-bound protein which may be secreted in the extracellular matrix [3]. NPP1 includes an N-terminal transmembrane domain, two somatomedin-B-like domains (SMB), a catalytic domain and a C-terminal nuclease-like domain [2]. NPP1 regulates calcification in mineralization-competent tissues, and a lack of its function underlies calcification disorders. ENPP1 plays a significant target in cancer therapies in suppressing the immune response [4]. In this study, we aim to design the series of ATP analogues that have a potential of specific binding to NPP1. Adenosine triphosphates (ATP) is one of the essential signaling molecule involved in numerous cellular processes. ATP has three phosphoryl groups, labeled as alpha (α), beta (β) and for the terminal phosphate, gamma (γ). Here, we analyzed the ATP analogues containing different atoms (X) instead of bridging oxygen atom between the phosphorus β and γ (where X= O, CH₂, CCl₂, P-P and NH). To investigate their efficiency in binding to active site of NPP1 we performed the series of theoretical analysis including molecular docking, molecular dynamics and protein-ligand binding analysis. Results indicate that some of derivatives of ATP have pronounced binding conformation.

*This project was financially supported by the grant 2017/26/D/ST5/01046 from National Science
Centre in Poland.*

- [1] A. Cimpean et al., Biochem. J. 381 (2004) 71–77.
- [2] C. Stefan et al., Trends Biochem. Sci. 30 (2005) 542–550.
- [3] V. Namasivayam et al., Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj. 1861 (2017) 603–614.
- [4] J. Lecka et al., J. Med. Chem. 56 (2013) 8308–8320.

SQUARE-WAVE VOLTAMMETRY OF HUMAN BLOOD SERUM

Pavlinka Kokoskarova, Sanja Lazarova

Supervisor: **Prof. Dr. Valentin Mirceski**

Advisor: **Prof. Dr. Sławomira Skrzypek, Prof. Dr. Tatjana Ruskovska**

*University of Lodz, Faculty of Chemistry, Department of Inorganic and Analytical Chemistry,
Tamka 12, 91-403 Lodz*

*Goce Delcev University, Faculty of Medical Sciences, Krste Misirkov 10A, 2000, Stip, Republic of
North Macedonia*

The study concerns on the analysis of human blood serum by using square-wave voltammetry (SWV) as a working technique. By exploring the SWV as the primary voltammetric technique, best results have been obtained with Edge Plane Pyrolytic Graphite Electrode (EPPGE) in comparison with the other electrodes used (Glassy Carbon or Pt electrodes). In the electrochemical cell, a volume of 100-1000 μL of serum without any treatment has been added into 10 ml of phosphate buffer with $\text{pH}=7.34$. Despite the complexity of the serum as a medium, by using the EPPGE as a working electrode, three well-defined peaks increase proportionally. This indicates that there is adsorption of uric acid (UA), bilirubin (BLR) and albumin (ALB) going on to the surface of the working electrode. In addition, the parabolic dependence of the measured peak-currents of all three peaks as a function of the SW frequencies have been observed. This phenomenon is known as “quasi-reversible maximum” and it is typical for systems undergoing an electrochemical transformation of the working electrode from an adsorbed state. The effect of some interferences of organic systems present in the human serum have been also monitored.

The major advantage of the method is that it is fast, inexpensive, and it does not require treatment of the sample, as it is sensitive to micromolar concentrations. The major disadvantage of the explored methods is that it requires very frequent electrode cleaning due to the adsorption of compounds present in the human serum.

[1] V. Mirceski, S. Skrzypek, L. Stojanov, ChemTexst 4 (2018) 17.

[2] M. Metto, S. Eramias, B. Gelagay, A.P. Washe, Int. J. Electrochem. 2019 (2019) 1–8.

[3] P. Kokoskarova, L. Stojanov, K. Najkov, N. Ristovska, T. Ruskovska, S. Skrzypek, V. Mirceski, Sci. Rep. 13 (2023) 8485.

SEGMENTED NETWORKS CONSISTED OF POLY(2-ISOPROPENYL-2-OXAZOLINE) AND SELECTED POLYESTERS AS AN AMPHIPHILIC MATERIAL WITH TUNABLE PROPERTIES

Bartosz Kopka

Supervisor: **dr hab. Małgorzata Baśko**

Advisor: **dr Bartłomiej Kost**

*Centre of Molecular and Macromolecular Studies Polish Academy of Sciences,
Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź*

Three-dimensional polymer networks are an essential class of material in polymer chemistry due to the specific properties subsequent from their architecture [1]. The two-component segmented networks obtained by covalently joined hydrophilic and hydrophobic blocks show the unique capacity for swelling in both organic and non-organic media [2]. This feature makes networks suitable for a wide range of applications including separation techniques, pharmacy or biomedicine [3]. Our research is aimed at the synthesis of degradable, amphiphilic covalent networks based on poly(2-isopropenyl-2-oxazoline) and polyesters (polylactide and polycaprolactone) in the system free from any catalysts and by-products. To achieve the direct formation of networks with the structure presented in Figure 1a, an addition reaction was performed between the polyesters containing carboxyl terminal groups (HOOC-PLA-COOH or HOOC-PCL-COOH) with pendant groups distributed along poly(2-isopropenyl-2-oxazoline) (PiPOx) chains. Obtained networks were characterized in terms of swelling degree in selected solvents, mechanical properties and biocompatibility.

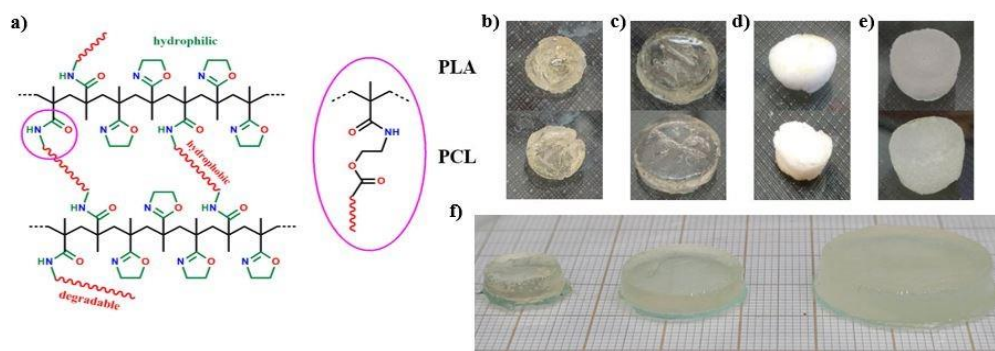


Fig.1 Schematic structure of PiPOx-I-PLA and PiPOx-I-PCL (a). The physical appearance of dry and swollen nonporous (b, c) and porous (d, e) networks. Manipulating of nonporous networks size (f).

*Acknowledgements: Financial support from the National Science Centre, Poland,
Grant No. 2020/37/B/ST5/03302 is gratefully acknowledged.*

Special acknowledgements to A. Pawlak, A. Krupa, A. Tomaszewska, M. Brzeziński.

- [1] C.S. Patrickios, Macromol. Symp. 291–292 (2010) 1–11.
- [2] C.S. Patrickios, K. Matyjaszewski, Polym. Int. 70 (2021) 10–13.
- [3] B. Kopka et al., Soft Matter. 17 (2021) 10683–10695.

NOWE POCHODNE BICYKLICZNYCH 2,3-DIHYDRO-4H-TIOPIRANÓW W REAKCJACH (8+3)-CYKLOADDYCJI TROPOTIONU Z D/A CYKLOPROPANAMI

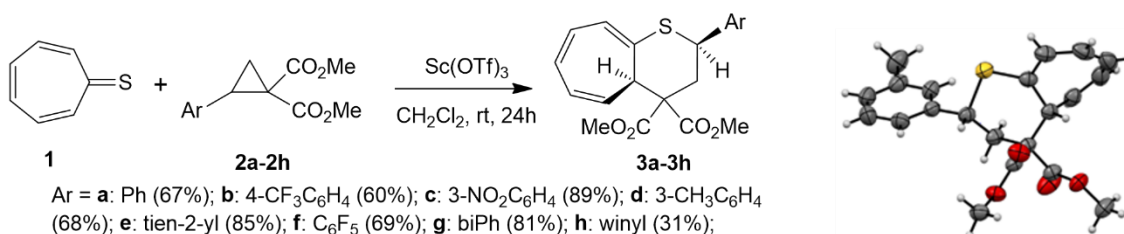
Mateusz Kowalczyk

Promotor: prof. dr hab. Grzegorz Mlostoń

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Reakcje cykloaddycji wyższego rzędu (HOC) wywołują duży wpływ na rozwój metod syntezy organicznej już od 1965 roku [1,2]. W ostatnich latach, reakcje cykloaddycji D/A cyklopropanów z różnymi związkami tiokarbonyłowymi znajdują się w centrum zainteresowania naszego zespołu [2–4]. W tym komunikacie opisujemy wyniki badań nad reakcjami tropotionu (**1**) jako ugrupowania 8π -elektronowego z cyklopropanami D/A **2a-2h**.

Reakcje prowadzono w temperaturze pokojowej w obecności niewielkiego dodatku $\text{Sc}(\text{OTf})_3$ jako katalizatora. Wstępna analiza ^1H NMR surowych mieszanin reakcyjnych wykazała powstawanie cykloadduktów zidentyfikowanych jako bicykliczne pochodne tiopiranu **3a-3h**. We wszystkich zbadanych przypadkach, reakcje przebiegały w sposób całkowicie diastereoselektywny. Postulowana struktura przestrzenna cykloadduktów **3** została potwierdzona na drodze analizy rentgenograficznej monokryształów, np. dla pochodnych **3d** i **3e** (Schemat).



Schemat. (8+3)-Cykloaddycje D/A cyklopropanów **2** z tropotionem (**1**) prowadzące do bicyklicznych tiopiranów **3** (struktura rentgenograficzna dla tiopiranu **3d**).

Podziękowania: MK dziękuje Szkole Doktorskiej BioMedChem za stypendium, GM dziękuje Uniwersytetowi Łódzkiemu za wsparcie w ramach projektu IDUB (2023). Autorzy dziękują prof. Marcinowi Palusiakowi za wykonanie badań rentgenograficznych oraz Pani Małgorzacie Celedzie za przeprowadzenie kilku pomocniczych eksperymentów.

- [1] D. McLeod, M.K. Thøgersen, N.I. Jessen, K.A. Jørgensen, C.S. Jamieson, X.-S. Xue, K.N. Houk, F. Liu, R. Hoffmann, *Acc. Chem. Res.* 52 (2019) 3488.
- [2] S. Frankowski, A. Skrzyńska, Ł. Albrecht, *Chem. Commun.* 55 (2019) 11675.
- [3] A.U. Augustin, J. L. Merz, P. G. Jones, G. Mlostoń, D. B. Werz, *Org. Lett.* 21 (2019) 9405.
- [4] G. Mlostoń, M. Kowalczyk, A.U. Augustin, P.G. Jones, D.B. Werz, *Beilstein J. Org. Chem.* 16 (2020) 1288.

MODYFIKACJA SPOLARYZOWANYCH GRANIC FAZOWYCH TYPU CIECZ – CIECZ MATERIAŁAMI POLIAMIDOWYMI

Karolina Kowalewska

Promotor: **dr hab. Łukasz Półtorak, prof. UŁ**

Opiekun: **dr Karolina Kwaczyński**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Polikondensacja międzyfazowa jest reakcją, w wyniku której z substratów małocząsteczkowych otrzymuje się wielkocząsteczkowy produkt – np. poliamidy. W niniejszych badaniach jednym z otrzymanych materiałów poliamidowych jest Nylon® [1]. Jest to popularny i wszechstronnie stosowany produkt tekstylny wykorzystywany między innymi do produkcji rajstop, lin, żyłek, szczoteczek do zębów czy strun do gitary. Syntezę Nylonu-6,6 odkryliśmy na nowo kontrolując ją elektrochemicznie na podstawie opracowanej procedury, wykorzystując do tego spolaryzowane granice fazowe typu ciecz – ciecz (SGC) znane w terminologii anglojęzycznej jako ITIES (z ang. Electrochemistry at the Interface Between Two Immiscible Electrolyte Solutions). SGC pozwalają na badanie zjawisk zachodzących na granicy dwóch niemieszających się ze sobą faz pod wpływem zastosowanej międzyfazowej różnicy potencjałów Galwaniego [2].

W niniejszych badaniach przedstawiono elektrochemicznie kontrolowaną syntezę sześciu materiałów poliamidowych. Eksperymenty przeprowadzono w skali makroskopowej i mikroskopowej. Miniaturyzacja zapewnia stabilność zmodyfikowanej granicy cieczonej, a ilość użytych odczynników zdecydowanie się zmniejsza. Układ zminiaturyzowany stanowiła końcówka polipropylenowa od mikropipety z zatopioną w jej końcu kapilarą krzemionkową o średnicy wewnętrznej $\sim 25\mu\text{m}$ [3]. Podczas pomiarów, tak stworzony system wypełniony był fazą organiczną i zanurzony w fazie wodnej. Materiały poliamidowe otrzymane na granicy ciecz – ciecz w wyniku kontrolowanej elektrochemicznie reakcji polikondensacji międzyfazowej zostały scharakteryzowane za pomocą SEM - EDX i spektroskopii Ramana.

Prezentowane badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) w ramach projektu PRELUDIUM 19 (UMO-2020/37/N/ST4/00270)

- [1] K. Kowalewska, K. Sipa, A. Leniart, S. Skrzypek, L. Poltorak, *Electrochem. Commun.* 115 (2020) 106732.
[2] L. Poltorak, A. Gamero-Quijano, G. Herzog, A. Walcarius, *Appl. Mater. Today*. 9 (2017) 533–550.
[3] K. Rudnicki, L. Poltorak, S. Skrzypek, E.J.R. Sudhölter, *Anal. Chem.* 90 (2018) 7112–7116.

WPŁYW FUMIGACJI OLEJKAMI ETERYCZNYMI NA ZWIĄZKI PRZECIWUTLENIAJĄCE W GRZYBACH LEŚNYCH

Małgorzata Namiota

Promotorzy: **dr hab. inż. Radosław Bonikowski, prof. PŁ, dr inż. Kamil Szymczak**

*Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Surowców Naturalnych
i Kosmetyków, ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź*

Grzyby leśne są bogactwem łatwo przyswajalnego białka, nienasyconych kwasów tłuszczowych, potasu, fosforu, magnezu i seleniu, a także fitosteroli, polisacharydów, witamin z grupy B oraz składników przeciwutleniających [1]. Są jednak również jednymi z najszybciej psujących się świeżych produktów spożywczych. Z tego względu, poszukuje się technik, które mogłyby w łatwy i bezpieczny sposób przedłużyć trwałość zebranych grzybów. Metodą, zgłębianą w niniejszym opracowaniu jest fumigacja olejkami eterycznymi. Jest to technika, w której naturalne olejki eteryczne w fazie lotnej przenikają w głąb tkanki zebranych grzybów. Dostępne badania literaturowe wskazują, że produkty spożywcze fumigowane olejkami eterycznymi nie tylko dłużej utrzymują swój wygląd, zapach czy jędrność, ale również wolniej tracą związki bioaktywne, a nawet ich zawartość się zwiększa. W ramach projektu dwa gatunki grzybów leśnych: *Boletus edulis* (borowik szlachetny) oraz *Imleria badia* (podgrzyb zwyczajny) poddano procesowi fumigacji wykorzystując do tego olejek pozyskany z nasion kopru włoskiego oraz z igieł świerku pospolitego. Następnie owocniki grzybów przechowywano przez 96 godzin w temperaturze pokojowej, wysuszono i poddano dalszej analizie. Przedstawione zostaną wyniki analizy zawartości kwasów fenolowych przeprowadzone z wykorzystaniem dwuwymiarowej chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrem masowym (GCxGC-ToFMS) oraz ogólnej zawartości polifenoli zmierzonej spektrofotometrycznie z wykorzystaniem odczynnika Folina-Ciocalteu. Dane zbierano dla fumigowanych oraz nefumigowanych próbek. W próbkach borowika szlachetnego oznaczono 6 kwasów fenolowych, z czego większość stanowiły kwas trans-cynamonowy oraz kwas p-hydroksybenzoesowy. Natomiast w próbkach podgrzyba szlachetnego oznaczono 8 kwasów fenolowych z kwas trans-cynamonowy stanowił ponad 95% całkowitej zawartości.

[1] J.M. Phillips, S.L. Ooi, S.C. Pak, *Molecules* 27 (2022) 2302.

WPLYW NANOSTRUKTUR BIZMUTU NA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE ŚRODKÓW SMARNYCH

Wiktor Stanek ^{1,2}

Promotorzy: **dr hab. Michał Cichomski, prof. UŁ¹, dr inż. Tadeusz Hładki²**

¹ *Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów,
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

² *Fuchs Oil Corporation (PL) Sp. z o.o., ul. Kujawska 102, 44-101 Gliwice*

W ostatnich latach wiele badań nad zastosowaniem nanomateriałów przyczyniło się do poprawy właściwości tribologicznych środków smarnych [1–4]. Substancje powodujące poprawę właściwości przeciwzużyciowych zapewniają redukcję energochłonności procesów tribologicznych, a także skuteczną poprawę działania urządzeń przemysłowych [5, 6].

W niniejszej pracy w celu polepszenia zdolności przeciwzużyciowych, poddano analizie nanomateriały bizmutu (Bi_2O_3 oraz Bi_2S_3). Wykorzystano techniki rentgenowskiej dyfrakcji (XRD) i spektroskopowych (FT-IR), a także scharakteryzowano nanomateriały pod względem ich struktury za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Przeanalizowano ponadto stopień zużycia za pomocą techniki spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją falową (WD-XRF).

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano obecność nanostruktur bizmutu na powierzchni badanego materiału. Powstająca warstwa zapobiega bezpośredniemu kontaktowi pomiędzy powierzchniami tarcia materiału i powoduje zmniejszenie zużycia.

*Zrealizowane w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pn. „Doktorat wdrożeniowy”
na podstawie umowy nr DWD/5/0323/2021 z dnia 28.12.2021 r.*

- [1] A. T. Odularu, J. Chem. 2020 (2020) 15.
- [2] M. Flores-Castañeda, E. Camps, M. Camacho-López, S. Muhl, E. Garcia, M. Figueroa, J. Alloys Compd. 643 (2015) 67–70.
- [3] G. Lin, D. Tan, F. Luo, D. Chen, Q. Zhao, J. Qiu, Z. Xu, J. Alloys Compd. 507 (2010) 43–46.
- [4] L. Duan, J. Li, H. Duan, Friction 11 (2023) 647–684.
- [5] A. Singh, P. Chauhan, T.G. Mamatha, Materials Today: Proceedings 25 (2020) 586–591.
- [6] Y. Zhao, Z. Zhang, H. Dang, Mater. Lett. 58 (2004) 790–793.

PRZECIWGRZYBOWE WŁAŚCIWOŚCI PREPARATÓW NA BAZIE GEMINI SURFAKTANTÓW – CZYLI MNIEJ CHEMII W GLEBIE

Tomasz Szczygiel

Promotor: **dr hab. inż. Anna Koziróg**
Promotor pomocniczy: **dr inż. Anna Otlewska**

*Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Technologii Fermentacji
i Mikrobiologii, ul. Wólczńska 171/ 173, 90-530 Łódź
Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej*

Grzyby strzępkowe powodują straty w produkcji żywności pochodzenia roślinnego zarówno przed zbiorami – w trakcie uprawy, jak i po zbiorach – w czasie przechowywania. W celu zapobiegania ich wzrostowi na wczesnym etapie rozwoju roślin (głównie zbóż) stosuje się różne preparaty do zaprawiania nasion. Z jednej strony jest to konieczne do zahamowania rozwoju roślinnych patogenów już na etapie ziarna, ale z drugiej strony do gleby trafia coraz większa ilość związków chemicznych. Dodatkowo obecność antybiotyków pochodzących m.in. z gnojowicy, czy obornika od zwierząt gospodarskich powoduje, że kumulacja i różnorodność związków przeciwdrobnoustrojowych w glebie jest ogromna. Niska, często poniżej minimalnego stężenia hamującego (MIC) zawartość takich substancji może powodować zmiany w genomach mikroorganizmów, a w konsekwencji prowadzić do powstawania mikroorganizmów opornych na związki przeciwdrobnoustrojowe, w tym antybiotyki.

Pomimo, że w 2009 r. Komisja Unii Europejskiej przyjęła pakiet dotyczący pestycydów, obejmujący ograniczenie ryzyka dla środowiska i dla zdrowia przy jednoczesnym utrzymaniu wydajności upraw i poprawie kontroli stosowania i dystrybucji pestycydów, to po przeprowadzonej w 2020 r. kontroli nadal wiele pozostaje jeszcze do zrobienia.

Celem pracy jest opracowanie skutecznych, ale nietoksycznych dla środowiska preparatów do ochrony ziaren zbóż. W pierwszym, prezentowanym etapie sprawdzono skuteczność mieszanin różnych preparatów na bazie 2 gemini surfaktantów GS: bromku 3-oksa-1,5-pentano-bis(N-dodecylo-N,N-dimetyloamoniowego) oraz bromku heksametyleno-1,6-bis(N-dodecylo-N,N-dimetyloamoniowego). W badaniach określono wartości MIC dziesięciu różnych mieszanin wobec grzybów strzępkowych wyizolowanych z ziaren zbóż: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Fusarium verticilloides* i *Penicillium commune* oraz ich konsorcjów.

Najniższe wartości MIC (0,001- 0,004%) otrzymano dla *P. commune*, a wśród mieszanin związków najlepsze okazały się te, które zawierały GS z dodatkiem niejonowego związku powierzchniowo czynnego.

Podziękowania dla prof. dr hab. Bogumiła Bryckiego z Zakładu Produktów Bioaktywnych, Wydział Chemii, UAM w Poznaniu za syntezę i udostępnienie mieszaniny związków na bazie gemini surfaktantów.

CHARAKTERYSTYKA I POTENCJAŁ BIOTECHNOLOGICZNY GRZYBÓW STRZĘPKOWYCH WYIZOLOWANYCH ZE ŚRODOWISK ZASOLONYCH

Weronika Śliżewska

Promotor: **dr hab. inż. Olga Marchut-Mikołajczyk, prof. PŁ**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Katarzyna Struszczyk-Świta**

*Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Biotechnologii
Molekularnej i Przemysłowej, ul. B. Stefanowskiego 2/22, 90-573 Łódź*

Wyształcone na drodze ewolucji przez mikroorganizmy ekstremofilne mechanizmy adaptacyjne, pozwalające im przetrwać w skrajnych warunkach środowiska, przyczyniły się do postrzegania tej grupy organizmów jako źródeł biocząsteczek o unikatowych właściwościach, m.in. enzymów i pigmentów. Do tej szczególnej grupy mikroorganizmów należą halofile, które w warunkach wysokiego zasolenia zdolne są przeciwdziałać szokowi osmotycznemu [1].

Celem badań była charakterystyka halofilnych grzybów strzępkowych pod kątem produkcji zewnątrzkomórkowych enzymów hydrolitycznych (amylaz, celulaz, chitynaz, chitozanaz, esteraż, lipaz, proteaz, pektynaz i ksylanaz). W badaniach wykorzystano 21 szczepów grzybów strzępkowych wyizolowanych z prób gleby zasolonej oraz korzeni łobody (*Atriplex* L.) pobranych na terenach Polski i Włoch. W celu określenia zakresu halotolerancji oraz optymalnego stężenia soli dla wzrostu mikroorganizmów, przeprowadzono ich hodowle na stałych podłożach MEA (ang. Malt Extract Agar) zawierających różne ilości chlorku sodu (maks. 20% w/v). Wytwarzanie enzymów pozakomórkowych oceniano na ww. podłożach zawierających dodatkowo induktory badanych enzymów poprzez określenie stref przejaśnień wokół wyrosłych kolonii. Pleśnie zbadano również pod kątem produkcji mykotoksyn. W ramach badań wykazano, że wszystkie badane szczepy grzybów strzępkowych rosną na pożywce z dodatkiem chlorku sodu w zakresie stężeń od 0 do 10%, a większość toleruje nawet wyższe stężenia soli – do 17,5%. Najintensywniejszy wzrost grzybów strzępkowych odnotowano na pożywkach zawierających chlorek sodu w ilości 5% (w/v), dlatego sklasyfikowano je jako umiarkowane halofile. Wszystkie badane szczepy produkowały co najmniej jeden z badanych zewnątrzkomórkowych enzymów hydrolitycznych. Stwierdzono, że najlepszym producentem enzymów jest *Ramularia eucalypti* FF1, który wytwarzał amylazy, celulazy, chitynazy, chitozanazy, esterazy, lipazy, proteazy, pektynazy i ksylanazy. Jedynie jeden z badanych szczepów – *Penicillium decumbens* S10 produkował ochratoksynę A.

Praca finansowana w ramach programu „FU2N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej – grant nr W5/FU2N/02/2023/1.

[1] K. Dumorné et. al., J. Microbiol. Biotechnol. 27 (2017) 649–659.

**POCHODNE METALOKARBORANÓW –
OLIGOFUNKCJONALIZACJA BIS (1,2-DIKARBOLIDO)
KOBALTANU(III) PODSTAWIONEGO RÓWNOCZEŚNIE
NA ATOMACH BORU I WĘGLA**

Krzysztof Śmiałkowski

Promotor: **prof. Zbigniew Leśnikowski**

*Instytut Biologii Medycznej PAN, Pracownia Chemii Medycznej, Lodowa 106, 93-232 Łódź
Szkoła Doktorska Bio-Med-Chem Uniwersytetu Łódzkiego oraz Instytutów PAN w Łodzi,
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź*

Wykorzystanie karboranów oraz metalokarboranów w dziedzinach, takich jak chemia materiałów, nanotechnologia i chemia medyczna, wymaga dostępnych, łatwych metod ich funkcjonalizacji. W Pracowni Chemii Medycznej Instytutu Biologii Medycznej Polskiej Akademii Nauk opracowano metody oligofunkcjonalizacji *orto*-karboranu ($C_2B_{10}H_{12}$), które zostały wykorzystane do otrzymania nowego typu nanocząsteczek będących koniugatami klasterów boru i anty-sensowych oligonukleotydów posiadających zdolności wyciszające receptor nabłonkowy czynnika wzrostu (EGFR). W tym komunikacie przedstawiamy metody syntezy pochodnych bis (1,2-dikarbolido) kobaltanu (III) (COSAN) podstawionych równocześnie na atomach boru oraz węgla, dzięki którym otrzymano pochodne metalokarboranów, które zostały wykorzystane w tworzeniu nowej generacji bio-nanokompozytów o potencjalnej aktywności wyciszającej onkogenny EGFR.

*Badania prowadzone w ramach projektu finansowanego przez NCN, Symfonia 3, grant
015/16/W/ST5/00413.*

- [1] K. Śmiałkowski, C. Sardo, Z.J. Leśnikowski, *Molecules* 28 (2023) 4118.
- [2] Z.J. Leśnikowski, *J. Med. Chem.* 59 (2016) 7738–7758.
- [3] S. Janczak, A. Olejniczak, S. Balabańska, M.K. Chmielewski, M. Lupu, C. Viñas, Z.J. Lesnikowski, *Chem. Eur. J.* 21 (2015) 15118–15122.
- [4] D. Kaniowski, K. Ebenryter-Olbinska, K. Kulik, S. Janczak, A. Maciaszek, K. Bednarska-Szczepaniak, B. Nawrot, Z.J. Lesnikowski, *Nanoscale* 12 (2020) 103–114.
- [5] N. Grüner, P. Švec, V. Šícha, Z. Padělkova, *Dalton Trans.* 41 (2012) 7498–7512.
- [6] S. El Anwar, L. Pazderova, D. Baval, M. Bakardjiev, Z. Ruzickova, O. Horacek, L. Fojt, R. Kucera, B. Grüner, *Chem. Commun.* 58 (2022) 2572–2575.
- [7] C. Sardo, S. Janczak, Z.J. Leśnikowski, *J. Organomet. Chem.* 896 (2019) 70–76.

NOWE MOŻLIWOŚCI TECHNOLOGICZNE W RECEPTUROWANIU KOSMETYKÓW KOLOROWYCH

Dominika Świątczak

Promotor: **dr hab. Magdalena Małecka, prof. UŁ**

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej,
ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Największy wzrost sprzedaży wśród produktów kosmetycznych odnotowują kosmetyki do makijażu. Rosnący popyt na te produkty napędzany jest głównie przez młode pokolenie i szybko rozwijające się wykorzystanie mediów społecznościowych w tej dziedzinie, promujące dużą koncentrację na wyglądzie. Konkurencja na polskim rynku kosmetycznym znajduje odzwierciedlenie m.in. w wysokim poziomie jakości produktów. Zarówno lokalni wytwórcy, jak i koncerny zagraniczne stosują wiele rozwiązań, które mają na celu wyprzedzenie konkurencji - poszerzają dostępne sieci dystrybucji lub podwyższają jakość produktów, inwestując w nowe technologie i działy badawczo-rozwojowe, a także w kapitał ludzki. W dłuższym okresie jednak istotnymi czynnikami budującymi konkurencyjność są jakość i innowacyjność. W związku z tym firmy przerzucają się nowoczesnymi i niekonwencjonalnymi formułacjami kosmetycznymi, chętnie czerpiąc z innych rynków takich jak np. branża farmaceutyczna. Proces mikrokapsułkowania, który znalazł z powodzeniem zastosowanie w farmacji, w ostatnim czasie został również zapożyczony przez branżę kosmetyczną. Daje on wachlarz możliwości wprowadzania substancji biologicznie aktywnych w głąb organizmu, dzięki czemu uzyskiwane są preparaty selektywnie i efektywnie działające w określonych przypadkach. Technika ta jest stosowana w kosmetyce w celu stabilizacji niektórych substancji aktywnych w kosmetyku i uwolnienia ich w formie aktywnej w głębszych warstwach skóry. Składniki takie jak witaminy wprowadzone do preparatu bez techniki mikrokapsułkowania zazwyczaj są nietrwałe i rozkładają się do nieaktywnych form przed dotarciem do odpowiednich partii skóry, przez co nie wykazują odpowiedniego działania. Technologia kapsułkowania np. kompleksem oligomerów pozwala na poprawę rozpuszczalności problematycznych substancji aktywnych takich jak kofeina czy kwas salicylowy. Kapsułkowane substancje aktywne są stabilne i w pełni rozpuszczalne w wodzie. Z kolei zupełną nowością są kapsułkowane pigmenty, które uwalniają swój kolor dopiero podczas rozcierania. Daje to wiele możliwości technologom odpowiedzialnym za recepturę, ale jest również szczególnie interesujące dla odbiorców.

Spis autorów

Numer strony

STRESZCZENIA KOMUNIKATÓW DOKTORANTÓW			
Lp.	Nazwisko imię	Numer komunikatu	
1.	Cieśliński Adam	1	9
2.	Grabowski Mateusz	2	10
3.	Hejduk Agnieszka	3	11
4.	Kozal Karolina	4	12
5.	Sobczak Karolina	5	13
STRESZCZENIA POSTERÓW MAGISTRANTÓW			
Lp.	Nazwisko imię	Numer posteru	
1.	Bełc Sandra	S01-P01	15
2.	Bielska Beata	S02-P01	40
3.	Bojanowska Nina	S03-P01	61
4.	Budzyńska Aleksandra	S02-P02	41
5.	Corradini Marta	S02-P03	42
6.	Delida Mateusz	S01-P02	16
7.	Domagała Julia	S01-P03	17
8.	Doroszko Cyprian	S02-P04	43
9.	Dudkiewicz Szymon	S02-P05	44
10.	Dzemidovich Maryia-Mazhena	S01-P04	18
11.	Dziadowicz Przemysław	S02-P06	45
12.	Florczak Anna	S02-P07	46
13.	Fornal Ewelina	S04-P01	67
14.	Gabrych Igor	S01-P05	19
15.	Gierczak Natalia	S01-P06	20
16.	Golis Paulina	S01-P07	21
17.	Górska Kinga	S01-P08	22
18.	Husik Natallia	S04-P02	68
19.	Idzikowska Katarzyna	S01-P09	23
20.	Jałowiecka Magda	S01-P10	24
21.	Janczak Weronika	S01-P11	25
22.	Kacprzak Marta	S02-P08	47
23.	Kloze Katarzyna	S02-P09	48
24.	Kowalska Weronika	S03-P02	62
25.	Kryszczak Damian	S01-P12	26
26.	Kudłacz Marlena	S02-P10	49
27.	Kukuła Beata	S01-P13	27
28.	Kuzioła Magdalena	S02-P11	50
29.	Laszczyk Michał	S01-P14	28
30.	Makiewicz Kacper	S02-P12	51
31.	Mrozowski Konrad	S03-P03	63
32.	Murawska Karolina	S02-P13	52

XIV Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

33.	Nizel Norbert	S03-P04	64
34.	Oleszczak Maria	S01-P15	29
35.	Olszewski Adrian	S04-P03	69
36.	Orłowska Weronika	S02-P14	53
37.	Owczarek Paulina	S01-P16	30
38.	Roguz Magdalena	S01-P17	31
39.	Romański Mateusz	S04-P04	70
40.	Sarniak Aleksandra	S01-P18	32
41.	Schabowicz Karolina	S03-P05	65
42.	Skwarska Karolina	S03-P06	66
43.	Sokulska Katarzyna	S02-P15	54
44.	Starkiewicz Jonasz	S01-P19	33
45.	Staszewska Paulina	S02-P16	55
46.	Sudomir Urszula	S01-P20	34
47.	Sykulska Zuzanna	S01-P21	35
48.	Szaroń Laura	S01-P22	36
49.	Szymańska Julia	S02-P17	56
50.	Świąteczak Eliza	S02-P18	57
51.	Tkaczyk Patrycja	S02-P19	58
52.	Tomaszewska Katarzyna	S01-P23	37
53.	Towalska Klaudia	S04-P05	71
54.	Walczak Magda	S01-P24	38
55.	Wypych Monika	S01-P25	39
56.	Zajączkowska Zuzanna	S02-P20	59
57.	Zawada Sylwia	S02-P21	60

STRESZCZENIA POSTERÓW DOKTORANTÓW

Lp.	Nazwisko imię	Numer posteru	
1.	Cichoń Karolina	PD01	73
2.	Czapnik Patryk	PD02	74
3.	Jafari Sepideh	PD03	75
4.	Kokoskarova Pavlinka	PD04	76
5.	Kopka Bartosz	PD05	77
6.	Kowalczyk Mateusz	PD06	78
7.	Kowalewska Karolina	PD07	79
8.	Lazarova Sanja	PD04	76
9.	Namiota Małgorzata	PD08	80
10.	Stanek Wiktor	PD09	81
11.	Szczygieł Tomasz	PD10	82
12.	Śliżewska Weronika	PD11	83
13.	Śmiałkowski Krzysztof	PD12	84
14.	Świąteczak Dominika	PD13	85



Partnerzy



Sekcja Młodych
Polskiego Towarzystwa Chemicznego



PTTŻ
Oddział Łódzki