

Odkrywaj. Inspiruj. Twórz przyszłość.

— XVII —
SESJA MAGISTRANTÓW
I DOKTORANTÓW
ŁÓDZKIEGO ŚRODOWISKA
CHEMIKÓW



KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

Organizatorzy



WYDZIAŁ
CHEMII

Uniwersytet Łódzki



UNIC



Patronat



Patronat Rektora
Uniwersytetu Łódzkiego

**Wydział Chemii
Uniwersytetu Łódzkiego**

**Oddział Łódzki
Polskiego Towarzystwa Chemicznego**

XVII SESJA

**MAGISTRANTÓW I DOKTORANTÓW
ŁÓDZKIEGO ŚRODOWISKA CHEMIKÓW**

pod patronatem

J.M. Rektora Uniwersytetu Łódzkiego

prof. dr. hab. Rafała Matery



Patronat Rektora Uniwersytetu Łódzkiego

Łódź, 9 czerwca 2026 roku

SKŁAD I REDAKCJA KSIĄŻKI ABSTRAKTÓW

dr Monika Skowron-Jaskólska

PROJEKT GRAFICZNY

dr hab. Sylwia Smarzewska

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

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść publikowanych streszczeń

Książka dostępna jako e-book

<https://doi.org/10.18778/8445-088-8>

e-ISBN 978-83-8445-088-8

W.12138.26.0.1

Ark. druk. 21,5



Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-237 Łódź, ul. Jana Matejki 34A

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl

tel. 42 635 55 77

Publikacja jest udostępniona na licencji

Creative Commons Uznanie autorstwa-

-Użycie niekomercyjne-Bez utworów

zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND)

KOMITETY

Komitet honorowy

prof. dr hab. Rafał Głowacki
Dziekan Wydziału Chemii UŁ

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

prof. dr hab. Jarosław Dziadek
Z-ca Dyrektora Instytutu Biologii Medycznej PAN

prof. dr hab. n. med. Anna Kilanowicz-Sapota
Dziekan Wydziału Farmaceutycznego UM

prof. dr hab. Agnieszka Marczak
Dziekan Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

dr hab. inż. Katarzyna Grzelak-Błaszczyk, prof. Uczelni
Prezes Oddziału Łódzkiego Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

Dr hab. inż. Marek Brzeziński, Profesor Instytutu
Z-ca Dyrektora Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN
Przewodniczący Zarządu Oddziału Łódzkiego PTChem

prof. dr hab. Arkadiusz Chworoś
Dyrektor Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN

prof. dr hab. Edyta Gendaszewska-Darmach
Dziekan Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ

prof. dr hab. inż. Paweł Wawrzyniak
Dziekan Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ

Komitet organizacyjny

dr Kamila Koszelska – *przewodnicząca*

dr Monika Skowron-Jaskólska

dr hab. Sylwia Smarzewska

dr hab. Dariusz Guziejewski, prof. UŁ

dr hab. Konrad Rudnicki

mgr Paweł Krzymiński

mgr Monika Wypych

mgr Gabriela Machura

mgr Michał Świdorski

Julia Głowińska

Barbara Olszewska

JURY SESJI

dr hab. Łukasz Póttorak, prof. UŁ
Wydział Chemii UŁ

dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. Uczelni
Prodzikan Wydziału Chemicznego PŁ

prof. dr hab. Agnieszka Olejniczak
Instytut Biologii Medycznej PAN

dr hab. Renata Bocian
Prodzikan Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

dr hab. inż. Krzysztof Kołodziejczyk
Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Oddział Łódzki

dr Aneta Rzewnicka
Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN; Oddział Łódzki PTChem

dr hab. Inż. Monika Kosmała
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ

dr hab. inż. Tomasz Boruta
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ

dr hab. n. farm. Magdalena Markowicz-Piasecka, prof. Uczelni
Prodzikan Wydziału Farmaceutycznego UM

dr hab. Małgorzata Domagała
Oddział Łódzki PTChem, Wydział Chemii UŁ

dr hab. Ireneusz Piwoński, prof. UŁ
*Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego
Wydział Chemii UŁ*

PARTNERZY



Sekcja Młodych
Polskiego Towarzystwa Chemicznego



PATRONAT MEDIALNY



O SESJI

W 2026 roku organizacja XVII Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików przypada Wydziałowi Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Wydarzenie odbywa się pod Patronatem Honorowym Jego Magnificencji Rektora Uniwersytetu Łódzkiego, prof. dr. hab. Rafała Matery.

Sesja od lat stanowi ważną przestrzeń dla młodych chemików, umożliwiając prezentację wyników badań, wymianę doświadczeń między przedstawicielami łódzkich ośrodków naukowych oraz budowanie relacji w środowisku akademickim. Każdego roku wydarzenie gromadzi liczne grono studentów, doktorantów oraz ich opiekunów naukowych, sprzyjając integracji i rozwojowi lokalnej społeczności chemicznej.

Tegoroczna XVII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików podzielona jest na 5 sekcji tematycznych:

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

S05 - Dydaktyka Chemii

Odkrywaj. Inspiruj. Twórz przyszłość.

Komitet Organizacyjny XVII Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

PROGRAM

XVII Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

Miejsce Sesji

Mała Aula, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego

ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź

Termin Sesji

9 czerwca 2026 r. (wtorek)

8⁰⁰ – 9⁰⁰	Rejestracja uczestników, rozwieszanie posterów
9⁰⁰ – 9¹⁵	Uroczyste otwarcie Sesji
9¹⁵ – 10⁰⁰	Wykład prof. dr. hab. Grzegorza Mlostonia
10⁰⁰ – 11³⁰	Komunikaty Doktorantów
11³⁰ – 11⁴⁵	Przerwa kawowa
11⁴⁵ – 14¹⁵	Konkursowa Sesja Posterowa Magistrantów i Doktorantów
13⁴⁵ – 14⁴⁵	Obrady Jury Sesji Posterowej
14¹⁵ – 14⁴⁵	Przerwa kawowa
14⁴⁵ – 15⁰⁰	Podsumowanie Sesji, wręczenie nagród i uroczyste zakończenie Sesji

WYKŁAD NA ZAPROSZENIE

STANISŁAW KOSTANECKI (1860-1910) – WYBITNY CHEMIK I PATRIOTA

Grzegorz Młostoń

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

e-mail: grzegorz.mloston@chemia.uni.lodz.pl



Prof. Stanisław Kostanecki w trakcie wykładu; Uniwersytet w Bernie (Szwajcaria, ok. 1900)



Delegacja OŁ PTChem przy kaplicy Kostaneckich w Kazimierz n. Nerem

Profesor Stanisław Kostanecki, patron jednego z Medali PTChem jest zaliczany do najwybitniejszych chemików europejskich przełomu XIX i XX wieku [1]. Obszar jego zainteresowań naukowych obejmował zagadnienia związane z głównymi nurtami ówczesnej chemii organicznej i były one skupione na syntezie i zastosowaniach nowych barwników oraz na badaniach strukturalnych związków pochodzenia naturalnego o potencjalnych możliwościach zastosowaniach w chemii medycznej. Był pionierem badań nad barwnikami pochodzenia naturalnego (chryzyna, kurkumina, etc.). Największe osiągnięcia naukowe i dydaktyczne związane są z jego działalnością jako profesora Uniwersytetu w Bernie (Szwajcaria). W literaturze chemicznej znana jest 'reakcja Kostaneckiego-Robinsona' (*Kostanecki-Robinson reaction*) [2]. Wprowadził do nomenklatury chemicznej terminy 'flawony i flawonoidy'. Zapoczątkował też badania strukturalne nad koszenilą (kwas karminowy), wszechstronnie wykorzystywanym barwnikiem naturalnym [3]. Zmarł mając zaledwie 50 lat w dniu 15 listopada 1910 roku, w Würzburgu (Niemcy). Jego zwłoki zostały sprowadzone do Polski przez brata Jana Kostaneckiego i pochowane w rodzinnej kaplicy na cmentarzu w Kazimierzu nad Nerem k. Łodzi. Przy okazji Zjazdu PTChem w Łodzi, w roku 2009, odsłonięto tablicę pamiątkową, która została umieszczona na ścianie tej kaplicy. Jako główny motyw umieszczone jest na niej słynne motto prof. S. Kostaneckiego '*Pracujcie w dwójnásób*', które kierował do swoich studentów, w dużej mierze Polaków, studiujących w Szwajcarii.

Medal PTChem (Polskie Towarzystwo Chemiczne) im. Stanisława Kostaneckiego za wybitne osiągnięcia w zakresie chemii organicznej jest przyznawany od roku 1978, a pierwszym laureatem był prof. Mieczysław Mąkosza (1934-2026).

[1] G. Młostoń, Patroni Medali PTChem – Stanisław Kostanecki; 16 kwietnia 1860–15 listopada 1910, *Orbital* 2011, (1) 7.

[2] W. Zerong, Ed. *Comprehensive Organic Name Reactions and Reagents*, J. Wiley 2009; <https://doi.org/10.1002/9780470638859>

[3] W. Lampe, *Chemik Polski* 1911, 11, 26.

STRESZCZENIA
KOMUNIKATÓW USTNYCH DOKTORANTÓW

OD POTENCJAŁU DO OSTROŚCI: OSTRE PAPRYKI Z CHEMOMETRYCZNEGO PUNKTU WIDZENIA

Monika Wypych

Promotor: **dr hab. Sylwia Smarzewska**

Promotor pomocniczy: **dr Kamila Koszelska**

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

**Szkoła Doktorska BioMedChem Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutów PAN w Łodzi,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź**

Kapsaicynoidy to grupa związków organicznych naturalnie występujących w roślinach z rodzaju *Capsicum*. Do najważniejszych przedstawicieli tej grupy należą kapsaicyna (CPS) oraz dihydrokapsaicyna (DHC), które łącznie stanowią około 90% wszystkich kapsaicynoidów obecnych w paprykach. Związki te są powszechnie kojarzone z ostrym smakiem owoców papryki, jednak wykazują również liczne właściwości prozdrowotne, takie jak działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwbólowe, przeciwdrobnoustrojowe i neuroprotektoryjne. Ponadto wspomagają funkcjonowanie układu krążenia, a także układu trawiennego, wspomagając metabolizm oraz ułatwiają redukcję masy ciała [1].

Obecnie, istnieje wiele metod analitycznych umożliwiających oznaczanie CPS i DHC w próbkach rzeczywistych. Jednym z takich narzędzi jest voltamperometria, która dotychczas umożliwiała jedynie oznaczenie łącznej zawartości najważniejszych kapsaicynoidów w papryce. Ograniczenie to wynika z dużego podobieństwa strukturalnego obu związków, co w efekcie prowadzi do zarejestrowania wspólnego sygnału podczas pomiarów voltamperometrycznych [2]. Istnieją jednak zaawansowane metody chemometryczne umożliwiające rozdział nakładających się sygnałów oraz klasyfikację próbek rzeczywistych. Spośród metod rozdzielania sygnałów można wyróżnić, m.in. dopasowanie krzywych Gaussa, Lorentza i Voghta, kompresję falkową, analizę składowych niezależnych czy rozdział sygnałów z użyciem sieci neuronowych, zaś spośród narzędzi umożliwiających dogłębną analizę uzyskanych wyników warto wyróżnić analizę głównych składowych, klasyfikację danych przy użyciu różnych modeli (LDA, RFC, SVM), mapy cieplne oraz dendrogramy w analizie skupień.

W niniejszej pracy omówiono główne trudności związane z zastosowaniem voltamperometrii w badaniach kapsaicynoidów oraz propozycje ich rozwiązania. Szczególną uwagę poświęcono zaletom i ograniczeniom metod rozdzielania sygnałów voltamperometrycznych, przedstawiając modele i algorytmy umożliwiające dekompozycję sygnałów. Dodatkowo zaprezentowano wybrane narzędzia chemometryczne wspierające przejrzystą interpretację wyników analiz chemicznych oraz pogłębiające końcową analizę uzyskanych danych.

[1] Z. A. Al Othman, Y. B. Ahmed, M. A. Habila, A. A. Ghafar, *Molecules* 16(10) 8919-29 2011.

[2] I. Novak Jovanović, L. Čížmek, Š. Komorsky-Lovrić, *Electrochimica Acta* 208 273-281 2016.

WYKORZYSTANIE WZORCÓW EWOLUCYJNYCH DO OPTIMALIZACJI INHIBITORÓW GYRAZY *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS*

Daria Zygała-Pytlos

Promotor: dr hab. Anna Brzostek, prof. IBM PAN

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

Szkoła Doktorska Bio-Med-Chem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi, ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

Gruźlica pozostaje jedną z najpoważniejszych chorób zakaźnych na świecie i stanowi istotne wyzwanie kliniczne oraz epidemiologiczne, szczególnie w kontekście narastającej lekooporności szczepów *Mycobacterium tuberculosis*. W 2024 roku była przyczyną około 1,23 miliona zgonów na świecie [1]. Kluczowym elementem poszukiwania nowych strategii terapeutycznych jest identyfikacja enzymów niezbędnych dla przeżycia i replikacji prątka. Jedną z takich tarcz molekularnych jest gyraza DNA - bakteryjna topoizomeraza typu II, odpowiedzialna za kontrolę topologii DNA. Enzym ten stanowi cel działania fluorochinolonów, związków stosowanych obecnie w leczeniu gruźlicy [2].

Celem pracy było wykorzystanie wzorcowania ewolucyjnego do poszukiwania nowych inhibitorów gyrazy DNA prątka gruźlicy. Wzorcowanie ewolucyjne opiera się na analizie zmienności sekwencji genów w populacji bakterii oraz identyfikacji kodonów podlegających doborowi naturalnemu. Takie podejście umożliwia wskazanie kodonów będących pod wpływem działania doboru oczyszczającego, czyli konserwatywnych regionów białka, które mogą stanowić dobre, potencjalnie miejsca wiązania dla nowych leków przeciwgruźliczych. Z drugiej strony możliwa jest identyfikacja kodonów podlegających działaniu doboru różnicującego, charakteryzujących się wysoką zmiennością sekwencji, prawdopodobnie wynikającą z presji selekcyjnej. Mutacje w tych miejscach mogą być związane z powstawaniem oporności na leki, a tym samym mieć istotne znaczenie zarówno w diagnostyce gruźlicy jak i w projektowaniu inhibitorów skutecznych wobec lekoopornych wariantów [3].

W celu identyfikacji mutacji warunkujących lekooporność oraz konserwatywnych kodonów gyrazy DNA przeprowadzono szereg analiz bioinformatycznych, genotypowych, fenotypowych i biochemicznych z wykorzystaniem rekombinowanych szczepów *M. tuberculosis* oraz rekombinowanych białek gyrazy. Uzyskane dane wykorzystano następnie do poszukiwania nowych inhibitorów z zastosowaniem dokowania molekularnego oraz wytrenowanego modelu sztucznej inteligencji. Przeprowadzone badania pozwoliły na identyfikację inhibitorów gyrazy DNA zdolnych do zahamowania wzrostu *M. tuberculosis*. Związki te powinny zostać poddane dalszym modyfikacjom oraz badaniom eksperymentalnym w celu zwiększenia ich aktywności.

Praca wykonana w ramach grantu: SONATA BIS 9 2019/34/E/NZ6/00221

„Wykorzystanie wzorców ewolucyjnych w optymalizacji chemoterapii gruźlicy”

[1] World Health Organization. Global Tuberculosis Report 2025. (2025) ISBN: 978-92-4-011692-4.

[2] A. C. Spencer, S. S. Panda, *Biomedicines* 11(2) (2023) 371.

[3] P. M. Durand, K. Naidoo, T. L. Coetzer, *PLoS One* 3(11) (2008) e3685.

POTENCJAŁ BIOAKTYWNEGO PREPARATU NA BAZIE BAKTERII MLEKOWYCH W OCHRONIE LIŚCI SZPINAKU PRZED ROZWOJEM BAKTERII PSUJĄCYCH

Michalina Wasilewska

Promotor: dr hab. Katarzyna Rajkowska

Promotor pomocniczy: dr inż. Anna Otlewska

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Zielone warzywa liściaste, szczególnie produkty typu ready-to-eat, charakteryzują się krótkim terminem przydatności do spożycia oraz ryzykiem mikrobiologicznym wynikającym z minimalnego stopnia przetworzenia. Jednocześnie stanowią istotną część marnowanej żywności, co uzasadnia potrzebę poszukiwania nowych, bezpiecznych metod ograniczania rozwoju niepożądanych drobnoustrojów, przyczyniających się do psucia tego typu produktów. Celem pracy była ocena skuteczności postbiotyku jako czynnika ochronnego ograniczającego wzrost bakterii psujących z wykorzystaniem szpinaku jako modelowej matrycy roślinnej.

W ramach badań, z zielonych warzyw liściastych wyizolowano bakterie potencjalnie związane z procesem ich psucia, a następnie przeprowadzono ich identyfikację w oparciu o analizę sekwencji nukleotydowej genu 16S rRNA. Wśród zidentyfikowanych szczepów stwierdzono obecność bakterii z rodzaju *Sanguibacter*, *Chryseobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Glutamicibacter*, *Shewanella* oraz *Paeniglutamicibacter*.

W kolejnym etapie oceniono aktywność przeciwdrobnoustrojową postbiotyku pochodzącego z *Lacticaseibacillus rhamnosus* LAB4 przy użyciu systemu Odin (Biolog). W warunkach laboratoryjnych badany postbiotyk skutecznie hamował wzrost wybranych szczepów, w tym *Pseudomonas putida*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Chryseobacterium indologenes*, *Sanguibacter inulinus* oraz *Corynebacterium variabile*.

Skuteczność działania postbiotyku oceniono również na liściach szpinaku poprzez naniesienie 100 µl roztworu postbiotyku na jego powierzchnię, a po godzinie naniesiono 100 µl hodowli *P. putida* o gęstości komórek 10^8 jtk/ml. Liście przechowywano w temperaturze 4°C do 5 dni. Wykazano, że postbiotyk ograniczał liczbę bakterii *P. putida* na powierzchni szpinaku o jedną jednostkę logarytmiczną. Uzyskane wyniki wskazują, że postbiotyki pochodzące z bakterii fermentacji mlekowej mogą stanowić obiecujący biokonserwant, przyczyniając się do poprawy bezpieczeństwa mikrobiologicznego zielonych warzyw liściastych oraz ograniczenia strat tego rodzaju żywności.

Praca wykonana w ramach pracy doktorskiej i inżynierskiej autorów

SHEAR-INDUCED MICROSTRUCTURAL ENGINEERING OF REINFORCED PLA COMPOSITE FOAMS FOR ENHANCED CELLULAR AND THERMO-MECHANICAL PERFORMANCE

Silla George Raju

PhD student: **Silla George Raju**

Supervisor: **prof. dr hab. Andrzej Galeski**

*Centre of Molecular and Macromolecular Studies of Polish Academy of Sciences,
Department of Polymeric Nano-Materials, Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź, Poland*

*BioMedChem Doctoral School of University of Łódź and Łódź Institutes of the Polish Academy
of Sciences, 21/23 Matejki Street, 90-237 Łódź, Poland*

The demand for sustainable, lightweight materials with high mechanical performance has increased interest in cellular foams based on polylactide (PLA) [1]. However, achieving a controlled cellular morphology remains difficult due to limited melt strength and slow crystallization during foaming [2]. This study investigates the influence of filler-induced microstructural evolution and processing conditions in PLA composite foams using halloysite nanoclay (HNC) and polytetrafluoroethylene (PTFE) as functional additives. PLA/HNC and PLA/PTFE foams were fabricated via twin-screw extrusion foaming with azodicarbonamide as a blowing agent. The effect of screw speed (20–120 rpm) on rheology, morphology, crystallization, and compressive properties was analyzed.

In PLA/HNC systems, increasing screw speed improved dispersion through shear-induced deagglomeration, enhancing heterogeneous nucleation. This reduced cell size by ~50–60%, achieving a void fraction of ~20.5% at 60 rpm. In contrast, PLA/PTFE systems showed complete in-situ fibrillation of PTFE, forming a 3D nanofibrillar network (100–500 nm diameter), enhancing density and connectivity with screw speed, without saturation. Rheological results showed PLA/HNC composites had higher $\tan \delta$ and lower viscosity, reflecting reduced melt strength, which promoted cell growth but increased collapse risk. PLA/PTFE composites suppressed $\tan \delta$ and increased viscosity at high shear rates, improving melt strength and strain-hardening behavior, thereby stabilizing the foam structure. Crystallization rates were significantly enhanced in PLA/PTFE, with a >30-fold reduction in half-crystallization time compared to neat PLA at 130°C, far exceeding the ~4-fold improvement in PLA/HNC due to the large nucleation surface of the fibrillar network. PLA/PTFE foams exhibited superior specific yield strength (~68–70 MPa·cm³/g) and toughness (~11 J/g) at 120 rpm, outperforming PLA/HNC foams by ~50% and ~80%, attributed to fibril-mediated reinforcement and strain hardening absent in particulate systems. Overall, the study establishes a clear processing–structure–property relationship and highlights in-situ PTFE fibrillation as an effective strategy to enhance crystallization, morphology, and mechanical performance in PLA foams.

*This research was financed by the National Science Centre (Poland) under grant:
UMO-2021/41/B/ST8/04036 and in part by UMO- 2023/51/D/ST8/02109*

[1] M. Taghavimehr, et al., Polym. Test. 86 (2020) 106469.

[2] L. J. Lee, et al., Compos. Sci. Technol. 65 (2005) 2344–2363.

OD OWADA DO PROSZKU – WPŁYW PARAMETRÓW PROCESU SUSZENIA ROZPYŁOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI I MORFOLOGIĘ PROSZKÓW BIAŁKOWYCH ZE ŚWIERSZCZA DOMOWEGO (*ACHETA DOMESTICUS*)

Weronika Bałdys

Promotor: **dr hab. inż. Maciej Jaskulski, prof. PŁ**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Michał Błatkiewicz**

***Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Katedra Inżynierii Środowiska, ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź***

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Rosnące globalne zapotrzebowanie na białko oraz ograniczenia środowiskowe konwencjonalnej hodowli zwierząt nasiliły zainteresowanie alternatywnymi źródłami białka. W te trendy wpisują się owady, stanowiące obiecującą alternatywę ze względu na wysoką wartość odżywczą, korzystny profil aminokwasowy i niskie wymagania hodowlane. Niemniej jednak, zastosowanie mączki z owadów na szeroką skalę jest ograniczone zarówno ze względu na wyzwania technologiczne, jak i konsumenckie. Mączka owadzia charakteryzuje się niejednorodną strukturą, dużą zawartością tłuszczu i chityny, a także ciemną barwą i charakterystycznym zapachem, co negatywnie wpływa na akceptację produktu wśród konsumentów. Suszenie rozpyłowe jest metodą suszenia powszechnie stosowaną w przemyśle spożywczym. Polega na rozpyleniu roztworu lub zawiesiny w strumieniu gorącego powietrza, prowadząc do odparowania wody i powstania jednorodnego proszku. W celu poprawy właściwości produktu stosuje się suszenie w obecności nośników. Wpływają one m.in. na zwiększenie temperatury zeszklenia, obniżenie higroskopijności oraz maskują niepożądany smak i zapach. Choć suszenie rozpyłowe z dodatkiem nośników jest powszechnie stosowaną metodą, brak jest badań w kontekście produktów pochodzenia owadziego. Dotychczasowa literatura skupia się głównie na charakterystyce gotowego produktu, pomijając analizę samego procesu produkcji. Niniejsza praca ma na celu ocenę ograniczeń w suszeniu rozpyłowym mączki ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*) z dodatkiem nośników oraz analizę wpływu parametrów procesu na wybrane właściwości proszku. W badaniach uwzględniono zmienną temperaturę suszenia, stosunek nośnika do mączki owadziej oraz rodzaj nośnika (maltodekstryna i białko serwatkowe). W celu określenia wpływu wspomnianych czynników na stabilność i funkcjonalność otrzymanych układów, proszki zostaną poddane analizie zawartości wilgoci, aktywności wody oraz gęstości nasypowej. Dodatkowo, za pomocą mikroskopii optycznej zostanie zbadana morfologia cząstek, co pozwoli powiązać warunki suszenia ze strukturą proszku.

Praca finansowana w ramach programu „FU2N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej

KLASYFIKACJA SZKIEŁ Z TELEFONÓW KOMÓRKOWYCH DO CELÓW KRYMINALISTYCZNYCH

Katarzyna Zielińska¹

Promotor: **prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik**¹

Drugi promotor: **prof. dr hab. Grzegorz Zadora**^{2,3}

¹*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

²*Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. dra Jana Sehna, ul. Westerplatte 9, 31-033 Kraków*

³*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Zespół Chemii Sądowej,
ul. Szkolna 9, 40-006 Katowice*

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Dynamiczny rozwój technologii mobilnych sprawił, że telefony komórkowe stały się nieodłącznym elementem codziennego funkcjonowania współczesnego człowieka. Według danych zebranych przez World Bank Group szacuje się, że w 2025 roku na całym świecie zarejestrowanych było ponad 9 miliardów abonamentów komórkowych [1]. Tak szerokie rozpowszechnienie smartfonów prowadzi do tego, że są one obecne razem z nami w trakcie różnych zdarzeń, skutkujących m.in. stłuczeniem ich ekranów. Z punktu widzenia kryminalistyki, analiza takich mikrookruszków szklanych pochodzących z rozbitych ekranów telefonów komórkowych może być źródłem wielu cennych informacji, w tym pozwalających na potencjalne powiązanie osoby podejrzanej lub ofiary z danym miejscem zdarzenia. Jednakże do tej pory nie zostały przeprowadzone żadne stosowne badania, które pozwoliłyby na nadanie wartości dowodowej mikrookruszkom szkła z rozbitych ekranów smartfonów.

W związku z tym, celem naszych badań było opracowanie procedury badawczej pozwalającej na rozróżnienie mikrofragmentów szkielek pochodzących z rozbitych ekranów telefonów komórkowych (PED) od pozostałych badanych szklanych okruszków pochodzących z innych obiektów użytkowych (szyby okienne i samochodowe (CW) oraz opakowania szklane (P)). Wszystkie zebrane próbki zostały poddane analizie pierwiastkowej z użyciem Skaningowego Mikroskopu Elektronowego z Mikroanalizą Rentgenowską (SEM-EDS, HITACHI S-4700, EDS Thermo NORAN). Uzyskane dane analityczne zostały następnie wykorzystane do przeprowadzenia analizy statystycznej i chemometrycznej z wykorzystaniem m.in. testów ilorazu wiarygodności (LR) [2]. Pozwoliło to na sklasyfikowanie badanych próbek zgodnie z ich pochodzeniem (PED lub CWP) oraz na rozróżnienie próbek PED względem warstwy wyświetlacza, z której pochodzą (PED_{zew.} i PED_{wew.}).

Praca sfinansowana w ramach Funduszu Młodych Naukowców na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej (grant nr W-3D/FMN/20G/2023), „FU²N – Funduszu Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” (grant nr W-3D/FU2N/5/2024) oraz projektu badawczego Instytutu Ekspertyz Sądowych im. Prof. dr Jana Sehna w Krakowie nr II/K/2025-2026

[1] <https://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS> (dostęp: 18.05.2026).

[2] A. Martyna, A. Nordgaard, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 240 (2023), 104862.

**STRESZCZENIA
POSTERÓW DOKTORANTÓW**

S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa
i Elektrochemia

NANO-IMPACT ELECTROCHEMISTRY AT THE ITIES

Abdelatif Laroui

Supervisor: **prof. dr hab. Łukasz Poltorak**

Co-Supervisor: **Karolina Kwaczyński**

University of Lodz Electrochemistry@Soft Interfaces (E@SI) Team, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, 12 Tamka St., Lodz 91-403, Poland

*Doctoral School of Exact and Natural Sciences, University of Lodz,
12/16 Banacha St. Lodz 90-237, Poland*

Nano-Impact Electrochemistry (NIE) is defined as looking at one thing at a time [1]. NIE has emerged to characterize individual single particles, including both hard and soft particles, that react with an ultramicroelectrode. Measurement of one thing at a time has become a research hot topic since NIE offers advantages/properties of single entities rather than their assembled characterization. The sub-field has grown and transitioned from the electrode/electrolyte interface to the liquid-liquid interface [2].

The liquid-liquid interface is a soft junction that can be polarized when hydrophilic and hydrophobic salt are added to both the aqueous and organic phases respectively. Using an external source, a number of reactions can be driven, not limited to ion transfer [3]. The polarized liquid-liquid interface is commonly referred to as ITIES (Interface Between Two Immiscible Electrolyte Solutions). ITIES are smooth, reproducible, and the interface can be easily downscaled to microdiameters where NIE can be applied. Further, ITIES are biomimetic stimuli for biological membranes.

In this presentation, I will present a brief literature of NIE at the ITIES and our results. A number of soft particles have been synthesized and characterized, including oil-in-water droplets (emulsions) [4], micelles, and liposomes. Their behavior at ITIES followed using NIE methodology.

I am grateful to the National Science Centre (2021/43/O/ST4/01553), National Agency of Academic Exchange of Poland (BPN/PRE/2023/1/00019/U/00001) and STER NAWA programme for financial support, mobility scholarship, and internship scholarship respectively

[1] W. Xu, Y.-A. Li, P. Xia, Y.-G. Zhou, Chem. Soc. Rev. 55 (2026) 1717–1754.

[2] E. Laborda, A. Molina, Curr. Opin. Electrochem. 26 (2021).

[3] H.D. Jetmore, E.S. Anupriya, T.J. Cress, M. Shen, Anal. Chem. 94 (2022) 16519–16527.

[4] A. Laroui, K. Kwaczyński, M. Dąbrzalska, M. Zatloukalova, J. Vacek, L. Poltorak, Electrochim. Acta 500 (2024) 144753.

COPPER-MODIFIED 3D-PRINTED CARBON ELECTRODES FOR ELECTROCHEMICAL NITRATE DETECTION

Hamed Zafarani

Supervisor: **Dr. hab. Łukasz Półtorak**

Co-Supervisor: **Dr. Katarzyna Szwabińska**

*University of Lodz, Faculty of Chemistry, Department of Inorganic and Analytical Chemistry,
Electrochemistry@Soft Interfaces Team, Tamka 12 St., 91-403 Lodz
BioMedChem Doctoral School of the University of Lodz and Institutes
of the Polish Academy of Sciences in Lodz*

Nitrate is a critical environmental contaminant whose accurate and affordable detection is essential for water quality monitoring and public health protection. Developing low-cost, sensitive, and easily manufacturable electrochemical sensors remains a key challenge. In this context, three-dimensional (3D) printing has emerged as a versatile and cost-effective approach for fabricating electrochemical devices, including electrodes for environmental, biological, and medical applications.

Among additive manufacturing techniques, fused deposition modelling (FDM) is particularly attractive due to its accessibility, low operational cost, and ability to produce complex geometries with high reproducibility. This method utilizes conductive thermoplastic filaments, typically composed of carbon-based fillers dispersed in insulating polymers such as polylactic acid (PLA), enabling the direct fabrication of composite electrodes. However, these materials generally exhibit limited electrical conductivity, which restricts their electrochemical performance.

To address this limitation, this study explores the modification of 3D-printed carbon electrodes via copper electroplating. Copper was selected due to its excellent electrical conductivity and strong electrocatalytic activity toward nitrate reduction. The resulting copper-modified electrodes demonstrate significantly enhanced electron transfer properties and enable efficient electrochemical detection of nitrate over a wide concentration range.

This work highlights a simple and scalable strategy for producing low-cost, high-performance electrochemical sensors by combining additive manufacturing with metal surface modification. The proposed approach offers strong potential for the development of customizable sensing platforms for environmental monitoring applications.

The work was financed under the project: Authors are grateful to the National Science Centre of Poland and the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No. 945339 for financing this research under the PolonezBis call (2022/47/P/ST4/01065)

WOLTAMPEROMETRYCZNE OZNACZANIE BARWNIKA SYNTETYCZNEGO SOLVENT GREEN 3

Michał Świdorski

Promotor: dr hab. Sylwia Smarzewska

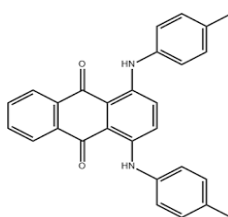
Promotor pomocniczy: dr Kamila Koszelska

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

*Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Łódzki,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Solvent Green 3 (CI 61565) jest syntetycznym barwnikiem organicznym zaliczanym do pochodnych antrachinonu. Ma postać ciemnozielonego lub niebieskozielonego proszku praktycznie nierozpuszczalnego w wodzie. Znajduje zastosowanie w przemyśle, przede wszystkim jako barwnik stosowany do polimerów, olejów oraz tuszów, a także wykorzystywany jest jako składnik aerozoli dymotwórczych i barwników histologicznych [1]. Ponadto, znajduje zastosowanie w przemyśle kosmetycznym, gdzie jest składnikiem wybranych preparatów [2].

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie procedury oznaczania barwnika Solvent Green 3, wykorzystując w tym celu technikę woltamperometrii fali prostokątnej. Do opracowania procedury analitycznej wykorzystano elektrodę z węgla szklanego jako elektrodę pracującą. W ramach realizacji badań dokonano optymalizacji warunków pomiarowych w celu uzyskania możliwie najwyższej czułości analiz oraz powtarzalności sygnałów analitycznych. Analizowano wpływ pH oraz składu elektrolitu podstawowego na przebieg procesu elektrochemicznego. Dodatkowo, zoptymalizowano parametry wykorzystywanej techniki woltamperometrycznej, takie jak częstotliwość, amplituda oraz krok potencjału.



Wzór strukturalny Solvent Green 3

Wykorzystując zoptymalizowane parametry techniki pomiarowej oraz odpowiednio dobrany elektrolit wyznaczono zależność liniowej odpowiedzi natężenia prądu pikowego od stężenia analizowanego barwnika, zakres ten mieści się w przedziale od $0.1 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ do $100 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Na podstawie otrzymanych wyników udowodniono, że techniki woltamperometryczne mogą być wykorzystywane do analizy barwnika Solvent Green 3. Do głównych zalet przedstawionej procedury należy jej duża szybkość, prostota oraz niskie koszty.

[1] Al Farraj, D.A., et al., International Biodeterioration & Biodegradation (2019) 140 72-77.

[2] Cosmille Europe, CI 61565 Cosmetics Europe, <https://cosmilleeurope.eu/pl/inci/szczegoly/3260/ci-61565/> (dostęp: 18.05.2026).

DOMOWA ANALIZA PARAMETRÓW JAKOŚCI WODY WODOCIĄGOWEJ: CZY WIEDZA O JAKOŚCI WODY MOŻE ZMIENIĆ NASZE WYBORY?

Gabriela Machura

Promotor: **dr hab. Sylwia Smarzewska**

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

*Szkoła Doktorska Biomedchem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Globalna produkcja plastiku przekracza 400 mln ton rocznie, co podkreśla jego znaczenie, ale jednocześnie skalę wyzwania środowiskowego. Kluczowe właściwości plastiku, takie jak niska cena i wysoka trwałość, powodują jego masowe wykorzystanie, w tym w produktach jednorazowych. Prowadzi to do szybkiej akumulacji odpadów, które ulegają bardzo powolnej degradacji. Szczególnie problematyczne są wyroby takie jak butelki PET, których rozkład w warunkach naturalnych może trwać od kilkuset do nawet tysiąca lat. W konsekwencji plastik nie jest jedynie odpadem, lecz staje się trwałym elementem środowiska, którego obecność niesie długofalowe skutki ekologiczne [1].

W odpowiedzi na rosnący problem zanieczyszczenia odpadami opakowaniowymi z tworzyw sztucznych podejmuje się działania mające na celu zarówno zwiększenie ich recyklingu, np. poprzez wprowadzenie systemu kaucyjnego, jak i ograniczenie ich zużycia, przede wszystkim poprzez redukcję konsumpcji wody butelkowanej na rzecz wody wodociągowej. W krajach europejskich, w tym w Polsce, woda kranowa podlega rygorystycznym wymaganiom jakościowym oraz regularnej kontroli. Mimo to znaczna część konsumentów nadal wybiera wodę butelkowaną, kierując się brakiem zaufania do jakości kranówki, wynikającym z utrwalonych błędnych przekonań, niepewności oraz dezinformacji.

Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości zastosowania ogólnodostępnych, niskokosztowych urządzeń i testów do ogólnej oceny podstawowych parametrów jakości wody pitnej w warunkach domowych. Do analizy wykorzystano testy paskowe oraz przenośne mierniki fizykochemiczne, umożliwiające wyznaczenie parametrów, takich jak pH, przewodnictwo elektrolityczne (EC) oraz całkowita zawartość rozpuszczonych substancji (TDS). Badaniom poddano próbki wody pitnej z różnych źródeł oraz próbki sztucznie zanieczyszczone w celu sprawdzenia, czy zastosowane proste narzędzia pomiarowe pozwalają wykryć zmiany jej parametrów i mogą służyć do podstawowej i ogólnej oceny jakości w warunkach domowych.

Zwiększenie wiedzy na temat jakości wody kranowej oraz możliwości jej dodatkowej, domowej kontroli może przyczynić się do wzrostu zaufania konsumentów do wody wodociągowej. W konsekwencji może to prowadzić do częstszego jej wyboru w codziennym życiu oraz ograniczenia zużycia wody butelkowanej i związanych z tym odpadów plastikowych.

Praca wykonana w ramach projektu „Zielone Mikrogranty” finansowanego z budżetu Miasta Łodzi

[1] K. Houssini, J. Li, Q. Tan, Commun. Earth Environ. 6 (2025) 257.

CHEMIA ZBRODNI: JAK UJAWNIANE SĄ ŚLADY KRWAWE?

Monika Wypych

Promotor: **dr hab. Sylwia Smarzewska**

Promotor pomocniczy: **dr Kamila Koszelska**

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

**Szkoła Doktorska BioMedChem Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutów PAN w Łodzi,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź**

Krew jest złożonym płynem ustrojowym, w którego skład wchodzi: erytrocyty, leukocyty i płytki krwi oraz osocze zawierające m.in. białka, aminokwasy, sole mineralne. W badaniach kryminalistycznych poszczególne składniki krwi odgrywają istotną rolę zarówno w procesach identyfikacyjnych, jak i podczas ujawniania śladów biologicznych. Szczególne znaczenie mają elementy morfologiczne, których identyfikacja w mikroskopowej analizie osadów umożliwia potwierdzenie, czy zabezpieczony ślad jest krwią. Jednakże, w miarę wysychania materiału biologicznego dochodzi do stopniowej degradacji elementów morfologicznych, co skutkuje uwolnieniem składników wewnątrzkomórkowych. Choć zachodzące zmiany są nieodwracalne, tak w materiale biologicznym nadal obecne pozostają związki o istotnym znaczeniu diagnostycznym, przede wszystkim hemoglobina oraz inne białka i aminokwasy, stanowiące podstawę reakcji wykorzystywanych w chemicznych metodach ujawniania śladów krwawych [1].

Na miejscach zdarzeń często ujawniane są ślady krwi o niewielkiej widoczności lub mające charakter częściowo utajony. Do tego rodzaju śladów zaliczyć można ślady linii papilarnych i/lub obuwia pozostawione w krwi lub z jej udziałem. W celu ich uwidocznienia, istotnego dla rekonstrukcji przebiegu zdarzenia, stosuje się techniki wizualnego ujawniania krwi (ang. *Visual Blood Enhancement Techniques*, VBET). Metody te opierają się na reakcjach chemicznych zachodzących ze składnikami krwi. Część z nich wykorzystuje reakcje z białkami krwi, inne natomiast bazują na właściwościach utleniających hemoglobiny [2].

W niniejszej pracy przedstawiono proces ujawniania i utrwalania śladów krwawych, ze szczególnym uwzględnieniem śladów słabo widocznych lub częściowo utajonych. Omówiono wybrane metody i odczynniki stosowane w kryminalistyce do ich ujawniania, a także mechanizmy działania poszczególnych reagentów oraz schemat postępowania podczas zabezpieczania materiału dowodowego.

[1] R. H. Bremmer, K. G. de Bruin, M. J.C. van Gemert, T. G. van Leewen, M. C. G. Aalders, *Forensic Science International* 216(1) (2012) 1-11.

[2] L. C. A. M. Bossers, C. Roux, M. Bell, A. M. McDonagh, *Forensic Science International* 210(1) (2011) 1-11.

ELEKTRODA POKRYTA CIENKĄ WARSTWĄ ORGANICZNĄ JAKO BIOMIMETYCZNA PLATFORMA DO POŚREDNIEGO BADANIA WINBLASTYNY

Maryia-Mazhena Dzemidovich

Promotor: **dr hab. Mariola Brycht, prof. UŁ**

Promotor pomocniczy: **dr Andrzej Leniart**

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

*Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Elektrody pokryte cienką warstwą organiczną (TOFE, ang. Thin Organic Film Electrodes) stanowią układy biomimetyczne, które w uproszczony sposób odwzorowują wybrane właściwości błon biologicznych. Ich działanie opiera się na obecności cienkiej, niemieszającej się z wodą warstwy organicznej unieruchomionej na powierzchni elektrody przewodzącej. Taka konfiguracja prowadzi do powstania dwóch funkcjonalnych granic międzyfazowych: elektroda | warstwa organiczna oraz warstwa organiczna | roztwór wodny. W typowym układzie TOFE reakcja redoks mediatora zachodzi na granicy elektroda | warstwa organiczna, natomiast kompensujący transfer jonów przebiega przez granicę faz warstwa organiczna | roztwór wodny. Dzięki temu układy TOFE umożliwiają badanie sprzężonych procesów przenoszenia elektronu i jonu oraz analizę zjawisk zachodzących na granicy faz [1].

W niniejszej pracy przeprowadzono analizę oraz optymalizację układu TOFE, obejmującą dobór odpowiedniej fazy organicznej oraz fazy wodnej. Zoptymalizowany układ zastosowano następnie do pośredniej analizy winblastyny (VBL), związku należącego do grupy inhibitorów mitozy. Ponieważ VBL nie wykazywała bezpośredniej aktywności elektrochemicznej w badanym układzie TOFE, jej oznaczenie oparto na rejestracji zmian odpowiedzi elektrochemicznej mediatora redoks, wynikających z procesów zachodzących na granicy faz ciecz | ciecz. Badania wykonano z wykorzystaniem voltamperometrii cyklicznej oraz voltamperometrii fali prostokątnej. Analiza wpływu amplitudy i częstotliwości impulsu na odpowiedź prądową pozwoliła na obserwację quasi-odwracalnych maksimów. Zmiana ich położenia oraz intensywności sygnału w obecności VBL wskazuje na adsorpcję analitu na granicy faz warstwa organiczna | roztwór wodny. Proces ten prowadzi do zmniejszenia powierzchni międzyfazowej oraz spowolnienia transferu jonów, czego konsekwencją jest wyraźne obniżenie odpowiedzi elektrochemicznej układu TOFE. W zakresie stężeń VBL od 5,0 do 100,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ uzyskano liniową zależność odpowiedzi prądowej od stężenia VBL, co potwierdza możliwość jej ilościowego oznaczania. Otrzymane wyniki wskazują, że układy TOFE mogą być skutecznie wykorzystywane jako narzędzie do pośredniej analizy związków biologicznie aktywnych, w tym leków przeciwnowotworowych, a także do badania ich oddziaływań na granicy faz w warunkach biomimetycznych.

[1] M.-M.Dzemidovich, A. Leniart, S. Baluchova, S. Skrzypek, V. Mirceski, M. Brycht, *Bioelectrochem.* 166 (2025) 109040.

SUPEROWOCE I ICH POTENCJAŁ ANTYOKSYDACYJNY – ANALIZA TIOLI METODĄ LC-ESI-MS/MS

Marta Gawęł

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

Promotor pomocniczy: **dr hab. Justyna Piechocka**

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

Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego

Termin „superowoce” jest zwykle używany do określenia niemodyfikowanych genetycznie, nieprzetworzonych owoców naturalnego pochodzenia, wyjątkowo bogatych w niezbędne składniki odżywcze wywierające korzystny wpływ na zdrowie człowieka [1–3]. Pomimo rosnącej popularności produktów spożywczych cenionych za właściwości prozdrowotne, nadal brakuje kompleksowych danych dotyczących ich składu jakościowego i ilościowego. Chociaż spektrum związków identyfikowanych w superowocach jest szerokie, badania koncentrują się głównie na oznaczaniu witamin, składników mineralnych oraz antyoksydantów [1, 3]. Związki siarkowe, takie jak glutation (GSH), cysteina (Cys), cysteinyloglicyna (Cys-Gly) oraz homocysteina (Hcy), są dobrze znanymi przeciwutleniaczami odgrywającymi kluczową rolę w utrzymaniu homeostazy oksydoredukcyjnej komórek. Co istotne, mimo powszechnie znanych właściwości antyoksydacyjnych owoców jagodowych, dotychczas nie przeprowadzono kompleksowych badań potwierdzających lub wykluczających obecność pełnego spektrum tych istotnych tioli. Celem badań było opracowanie i walidacja metod analitycznych opartych na wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) do oznaczania zarówno zredukowanych, jak i całkowitych tioli w owocach jagodowych. Następnie metody te zostały zastosowane do analizy różnych owoców jagodowych w celu określenia profili GSH, Cys, Cys-Gly i Hcy w wybranych „superowocach” dostępnych na polskim rynku.

Badania sfinansowane w ramach grantu IDUB. Numer grantu: B2510009000301.07

[1] S.K. Chang, C. Alasalvar, F. Shahidi, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 59 (2019) 1580–1604.

[2] J. Liu, D. Xu, S. Chen, F. Yuan, L. Mao, Y. Gao, Food Sci. Nutr. 9 (2021) 6892–6902.

[3] S. K. Nagaraja, J. I. Mir, M. K. Verma, A. H. Dar, Future Postharvest Food 00 (2026) 1–22.

DRUKOWANY UKŁAD POMIAROWY DO ZASTOSOWAŃ ELEKTROCHEMICZNYCH

Bartłomiej Hurny

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

Promotor pomocniczy: **dr inż. Katarzyna Szwabińska**

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

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

**Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź**

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny wzrost wykorzystania technologii druku addytywnego w laboratoriach chemicznych. Zjawisko to wynika przede wszystkim ze spadku kosztów urządzeń do druku 3D przy jednoczesnym zwiększeniu ich dokładności, powtarzalności oraz szybkości procesu drukowania. Istotnym czynnikiem jest również obniżenie kosztów materiałów wykorzystywanych w technologiach addytywnych, a także rosnąca dostępność i intuicyjność oprogramowania do modelowania 3D [1], [2], [3], [4]. W elektrochemii drukowane elektrody oraz zintegrowane układy sensoryczne znajdują zastosowanie m.in. w pomiarach woltamperometrycznych, chronoamperometrycznych oraz impedancyjnych [5], [6]. Celem tego projektu było wykorzystanie wielomateriałowego druku 3D oraz podłoży szklanych pokrytych tlenkiem indu i cyny (ITO, indium tin oxide) do opracowania układu umożliwiającego elektrochemiczne osadzanie materiałów na powierzchni elektrody roboczej, a następnie badanie osadzonego materiału bazując na pomiarach elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS).

Praca sfinansowana w ramach projektu Preludium Bis – 2022/47/O/ST4/02557

- [1] S. O. D. da Trindade, D. N. da Silva, and A. C. Pereira, *Rev Virtual de Quim.* 17 (2025) 522-540.
- [2] A. Ambrosi and M. Pumera, *Chem. Soc. Rev.* 45 (2016) 2740-2755.
- [3] B. Gross, S. Y. Lockwood, and D. M. Spence, *ACS.* 1 (2017) 57-70.
- [4] P. N. Nesterenko, *Pure and Appl Chem.* 8 (2020) 1341–1355.
- [5] P. A. Ferreira, F. de Oliveira, E. de Melo, A. Carvalho, B. Lucca, V. Ferreira, R. da Silva, *Anal. Chim. Acta* 1169 (2021) 338568.
- [6] A. Márquez-Herrera, M. Zapata-Torres, and S. Montesinos, *Rev. Mex. de Fis.* 68 (2022).

ŚLINA JAKO MATERIAŁ DIAGNOSTYCZNY W ANALIZIE ELEKTROFORETYCZNEJ ZWIĄZKÓW TIOLOWYCH I FLUROCHINOLONÓW

Urszula Sodomir

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

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

Ślina, będąca płynem biologicznym, stanowi coraz bardziej interesujący materiał diagnostyczny w nowoczesnej analityce biofarmaceutycznej i diagnostyce laboratoryjnej. W porównaniu z klasycznymi materiałami biologicznymi, takimi jak krew czy mocz, jej pobieranie jest całkowicie nieinwazyjne, szybkie, bezbolesne oraz bezpieczne dla pacjenta, co umożliwia wielokrotne monitorowanie stanu organizmu [1, 2]. Dodatkowo ślina odzwierciedla zmiany metaboliczne i fizjologiczne zachodzące w organizmie, dlatego jej znaczenie diagnostyczne systematycznie wzrasta. W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie wykorzystaniem śliny w oznaczaniu biomarkerów związanych ze stresem oksydacyjnym, w tym związków tiolowych [3], a także w monitorowaniu farmakoterapii wybranych leków [4]. Jednocześnie jej złożony skład oraz stosunkowo niskie stężenia analitów stanowią istotne wyzwanie analityczne, wymagające opracowania czułych i selektywnych metod [2].

Celem prowadzonych badań jest opracowanie i zastosowanie autorskich metod elektroforezy kapilarnej do oznaczania w ślinie wybranych związków tiolowych: cysteiny, homocysteiny, glutationu, kwasu liponowego, cysteinylglicyny oraz N-acetylocysteiny, a także fluorochinolonów: cyprofloksacyny i ofloksacyny. Opracowane procedury umożliwiały selektywne oznaczanie analitów w złożonej matrycy biologicznej przy zachowaniu wysokiej rozdzielczości, krótkiego czasu analizy oraz ograniczonego zużycia odczynników i niewielkich objętości próbek. Zoptymalizowano warunki rozdzielania elektroforetycznego oraz przygotowania próbek w celu poprawy czułości i powtarzalności oznaczeń.

Uzyskane wyniki wskazują, że ślina może stanowić wartościową alternatywę dla klasycznych materiałów biologicznych w diagnostyce nieinwazyjnej. Opracowane metody elektroforetyczne wykazują potencjał zastosowania w analizie biomarkerów stresu oksydacyjnego, monitorowaniu farmakoterapii oraz badaniach przesiewowych, wpisując się w rozwój nowoczesnych strategii medycyny spersonalizowanej.

*Praca sfinansowana w ramach konkursu Doktoranckie Granty Badawcze IDUB UŁ, nr projektu:
12/DGB/2024 (B2510009000302.07)*

- [1] S. Chojnowska, T. Baran, I. Wilińska, P. Sienicka, I. Cabaj-Wiater, M. Knaś, *Adv Med Sci* 63 (2018) 185–191.
- [2] J.M. Lee, E. Garon, D.T. Wong, *Orthod Craniofacial Res* 12 (2009) 206–211.
- [3] U. Sodomir, J. Piechocka, R. Głowacki, P. Kubalczyk, *Molecules* 30 (2025).
- [4] M. Troeltzsch, C. Pache, F.A. Probst, M. Troeltzsch, M. Ehrenfeld, S. Otto, *J Oral Maxillofac Surg.* 72 (2014) 67–75.

OPRACOWANIE I WALIDACJA SZYBKIEJ METODY OZNACZANIA CYTRYNINY Z WYKORZYSTANIEM EKSTRAKCJI TYPU QUECHERS

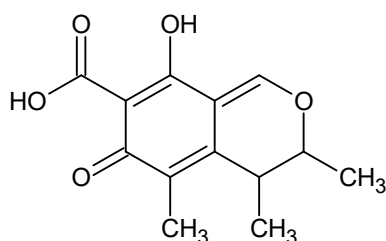
Adrian Olszewski

Promotor: dr hab. Grażyna Chwatko

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

*Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Cytrynina (CIT) jest mykotoksyną pochodzenia poliketydowego, najczęściej powstającą podczas przechowywania żywności. Występuje głównie w zbożach, jednak można ją również znaleźć w różnych produktach pochodzenia roślinnego, takich jak ryż, pszenica, jęczmień, żyto, fasola, owoce, soki, orzechy i przyprawy, a także w zepsutych produktach mlecznych [1, 2]. Związek ten stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia, szczególnie w krajach tropikalnych, gdzie często jest przyczyną zatruc pokarmowych związanych z obecnością pleśni. W związku z dużą toksycznością CIT wprowadzono regulacje Unii Europejskiej (WE nr 212/2014), które określiły maksymalny poziom w produktach na poziomie 2000 µg/kg [3], który następnie – na podstawie nowszych danych – został obniżony do 100 µg/kg [4]. Pomimo, że czerwony ryż drożdżowy jest szeroko stosowany jako naturalny środek obniżający poziom lipidów, obecność w nim CIT jako toksycznego produktu ubocznego fermentacji budzi poważne wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa jego stosowania [5]. Z tego względu opracowano szybką i prostą metodę oznaczania CIT w suplementach diety, opartą na technice µ-QuEChERS. W badaniach eksperymentalnych wykorzystano certyfikowane materiały odniesienia w celu potwierdzenia dokładności i precyzji opracowanej metody.



Rysunek 1. Wzór strukturalny cytryniny

Praca sfinansowana w ramach grantu: Doktoranckich Grantów Badawczych IDUB UŁ 2024. Decyzja numer 68/DGB/2024: „Opracowanie metod oznaczania mykotoksyn w żywności i paszach z wykorzystaniem chromatografii cieczowej sprzężonej z detektorem mas”.

- [1] E.K. Tangni, F. Van Hove, B. Huybrechts, J. Masquelier, K. Vandermeiren, E. Van Hoeck, *Toxins* 13 (2021) e245.
- [2] K. Tanaka, Y. Sago, Y. Zheng, H. Nakagawa, M. Kushiro, *Int. J. Food Microbiol.* 119 (2007) 59-66.
- [3] European Commission, Off. J. Eur. Union L67 (2014) 3-4.
- [4] European Commission, Off. J. Eur. Union L119/103 (2023) 19.
- [5] A. Mornar, M. Sertić, B. Nigović, *J. Agric. Food Chem.* 61 (2013) 1072-1080.

KWAS KAWOWY I FERULOWY JAKO ZIELONE INHIBITORY KOROZJI Cu W NaCl

Aleksander Kucharek

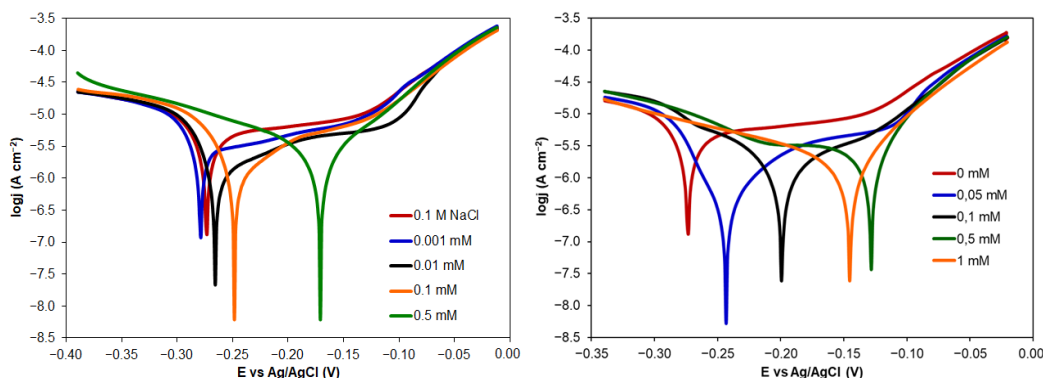
Promotor: dr hab. inż. Elżbieta Kuśmerek, prof. Uczelni

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Kwasy kawowy i ferulowy są związkami chemicznymi, które są niezwykle rozpowszechnione w naturze. Występują w różnych roślinach, owocach, warzywach, itd. Związki te cechują się też silnymi właściwościami antyutleniającymi i dzięki temu możliwe jest ich zastosowanie jako inhibitorów korozji różnych metali i stopów.

Miedź jest jednym z najczęściej eksploatowanych metali na świecie. Jest też jednym z dwóch składników mosiądzu, czyli stopu, z którego wykonanych jest wiele artefaktów historycznych. Pomimo swojej dobrej odporności na korozję, ze względu na zróżnicowane zastosowanie, może być narażona na działanie agresywnych środowisk korozyjnych, np. zawierających jony chlorkowe. Dlatego też ważne jest opracowanie skutecznej i ekologicznej metody ochrony Cu przed korozją. W tej pracy wykorzystano kwas kawowy i ferulowy jako zielone inhibitory korozji Cu w 0,1 M NaCl, a ich właściwości inhibitujące oszacowano za pomocą metod elektrochemicznych, takich jak polaryzacja potencjodynamiczna (PDP) oraz pomiar potencjału obwodu otwartego (OCP).



Rysunek 1. Krzywe polaryzacji potencjodynamicznej dla Cu w NaCl i w obecności kwasu kawowego (po lewej stronie) i kwasu ferulowego (po prawej stronie)

Wyniki pomiarów PDP wskazują, że największy efekt inhibitujący (77%) kwasu kawowego otrzymano w przypadku dodatku 0,1 mM do środowiska korozyjnego. Dla kwasu ferulowego, najlepszy efekt inhibitujący (86%) otrzymano w przypadku dodatku 0,05 mM do NaCl. Większą wydajność inhibicji zaobserwowano dla powłok ochronnych nakładanych z roztworów kwasu kawowego i ferulowego. W przypadku 20 powłok z 5 mM kwasu kawowego wydajność inhibicji wynosiła 84%, podczas gdy dla 10 powłok z 5 mM kwasu ferulowego osiągnęła wartość aż 95%.

*Niniejsza praca została ukończona w czasie, gdy jej pierwszy autor był doktorantem
w Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej Politechniki Łódzkiej*

PRO-FLUORESCENT BORONATE PROBE FOR ULTRASENSITIVE DETECTION OF PEROXYMONOSULFATE

Neelam Kumari

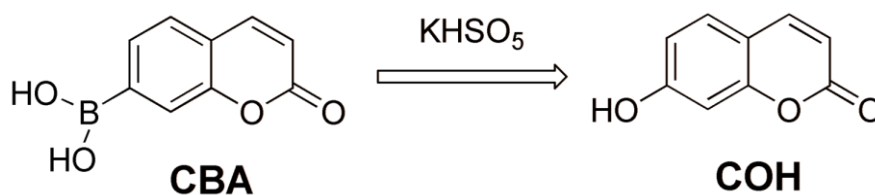
Supervisor: Prof. dr hab. Radosław Podsiadły

*Faculty of Chemistry, Institute of Polymer and Dye Technology,
Lodz University of Technology, Poland*

Peroxymonosulfate (PMS) is a highly reactive oxidant involved in chemical, enzymatic, and biological systems; however, its selective and quantitative detection remains challenging due to interference from other reactive oxygen species and radicals. In this work, a pro-fluorescent sensing strategy based on coumarin boronic acid (CBA) is presented for rapid and ultrasensitive detection of PMS.

The sensing mechanism relies on the direct oxidation of a non-fluorescent boronic acid moiety to highly fluorescent 7-hydroxycoumarin. Spectrofluorimetric measurements revealed a linear fluorescence response toward PMS with a limit of detection (LOD) of 47 nM. To improve analytical reliability and sensitivity, an HPLC-FLD-based method was developed, enabling ultrasensitive PMS detection with an LOD of 0.7 nM. Stoichiometric analysis confirmed a strict 1:1 reaction between CBA and PMS, while stopped-flow kinetic studies demonstrated an exceptionally fast second-order rate constant ($k = 1.1 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$), ensuring rapid signal generation.

Radical-scavenging experiments confirmed that the fluorescence signal originates from direct PMS oxidation rather than sulfate or hydroxyl radicals. Importantly, the probe retained high sensitivity in the presence of millimolar concentrations of glutathione, demonstrating suitability for biologically relevant environments. Furthermore, this method enabled the first direct quantification of PMS formed during the autooxidation of sulfite in aqueous systems, providing new insight into sulfite-derived oxidative pathways. These results demonstrate that pro-fluorescent boronate probes constitute a simple, selective, and highly sensitive platform for PMS detection in chemical, enzymatic, and complex biological systems.



Rysunek 1. Reaction scheme illustrating the peroxymonosulfate (PMS)-mediated oxidation of coumarin boronic acid (CBA) to fluorescent 7-hydroxycoumarin (COH)

Acknowledgments: This research was carried out within the doctoral program at Lodz University of Technology. Financial support provided by the Institute of Polymer & Dye Technology, Lodz University of Technology

- [1] A. Sikora et al., *Front. Chem.*, 2020, 8, 580899.
- [2] D. M. Davies et al., *Chem. Eur. J.*, 2005, 11, 3552–3558.
- [3] Y. Lei et al., *Environ. Sci. Technol.*, 2023, 57, 5433–5444.
- [4] Y. Yang et al., *Environ. Sci. Technol.*, 2018, 52, 5911–5919.

ANALIZA STATYSTYCZNA I UCZENIE MASZYNOWE W BADANIACH CHROMATOGRAFICZNYCH CERAMIKI PRADZIEJOWEJ

Łukasz Orszański

Promotor: **prof. dr hab. inż. Joanna Kałużna-Czaplińska**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Angelina Rosiak**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska PŁ

Ceramika pradziejowa jest obecnie najczęstszym znaleziskiem archeologicznym. Badania naczyń glinianych używanych w minionych wiekach pozwalają na lepsze zrozumienie kultury i zwyczajów żywieniowych naszych przodków. Szczególne znaczenie mają pozostałości organiczne pochodzące z żywności przechowywanej i przetwarzanej w badanych naczyniach. Pozostałości organiczne, które występują zarówno na powierzchni jak i wewnątrz porowatej struktury naczyń są możliwe do wyekstrahowania i analizy z wykorzystaniem zaawansowanych metod instrumentalnych, takich jak chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas (GC-MS) [1]. Dane otrzymane z badań GC-MS są cennym źródłem informacji, a analiza statystyczna oraz uczenie maszynowe pozwalają na lepsze zrozumienie złożonych zależności w nich występujących [2].

Celem prezentowanych badań była analiza pozostałości organicznych zachowanych w ceramice neolitycznej pochodzącej z różnych stanowisk archeologicznych na terenie Polski. Wyniki badań zostały poddane analizie głównych składowych (PCA) oraz permutacyjnej wielowymiarowej analizie wariacji (PERMANOVA) w celu wykazania istotnych statystycznie różnic w diecie pomiędzy badanymi osadami. Dodatkowo przeprowadzono klasteryzację wykrytych biomarkerów archeologicznych. Otrzymane wyniki sugerują, że zwyczaje żywieniowe (dieta mieszana roślinno-zwierzęca) w okresie neolitu były podobne. Prawdopodobnie większa liczba próbek z różnych stanowisk archeologicznych mogłaby wykazać potencjalne różnice pomiędzy osadami neolitycznymi.

Nowym kierunkiem badań, który pomoże w lepszym zrozumieniu zwyczajów gospodarczych oraz diety naszych przodków będzie zastosowanie wyspecjalizowanego probabilistycznego modelu predykcyjnego. Model ten zostanie wytrenowany w oparciu o wyniki otrzymane z badań próbek eksperymentalnych oraz źródła archeologiczne.

*Finansowanie z grantu wewnętrznego NR W-3D/FU²N/9/2026/G w ramach programu
„FU2N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców”*

[1] A. Rosiak, A. Józefowska, M. Jałowiecka, J. Kałużna-Czaplińska, *Annu. Rev. Mater. Res.* (2025) 55 451-461.

[2] H. Parastar, P. Weller, *Anal. Chim. Acta* (2025) 1343 343635.

OCENA ZALEŻNOŚCI STĘŻEŃ RTĘCI W GLEBIE I POWIETRZU W ODNIESIENIU DO WYBRANYCH PARAMETRÓW ŚRODOWISKOWYCH

Damian Kryszczak

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

Promotor pomocniczy: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

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

***Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej,
ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź budynek A33***

Rtęć (Hg) jest zaliczana do najbardziej niebezpiecznych pierwiastków śladowych występujących w środowisku ze względu na wysoką toksyczność oraz zdolność do długotrwałego utrzymywania się w ekosystemach. Obecność rtęci w glebach wynika zarówno z procesów naturalnych, w tym depozycji atmosferycznej czy przemian geochemicznych, jak i działalności człowieka, związanej między innymi z przemysłem, sektorem energetycznym, transportem oraz gospodarką odpadami [1]. Korelacja stężeń rtęci w powietrzu i glebie odzwierciedla dynamiczną wymianę tego pierwiastka pomiędzy tymi komponentami środowiska, przy czym gleba pełni jednocześnie funkcję odbiornika depozycji atmosferycznej oraz wtórnego źródła emisji. Zależność ta kształtowana jest przez warunki meteorologiczne (temperatura, wilgotność) oraz właściwości fizykochemiczne gleby [2]. Współczesne badania nad obiegiem rtęci w środowisku coraz częściej opierają się na integracji analiz chemicznych z metodami statystycznymi i chemometrycznymi oraz systemami informacji geograficznej (GIS) [1, 2]. Materiał badawczy obejmował około 600 próbek glebowych pobranych z obszaru województwa łódzkiego, w pobliżu dróg charakteryzujących się znacznym natężeniem ruchu drogowego (A1, A2, S8, S14), położonych w centralnej części Polski. Zebrany materiał został poddany standardowej procedurze laboratoryjnej – próbki wysuszono, przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm, a następnie rozdrobniono przy użyciu moździerza agatowego. Oznaczenie całkowitej zawartości rtęci wykonano metodą zimnych par z wykorzystaniem atomowej spektroskopii absorpcyjnej (CV-AAS), stosując automatyczny analizator rtęci MA-3000 firmy NIC. Oddziaływanie wybranych czynników środowiskowych, w tym rodzaju drogi, głębokości poboru materiału oraz obecności ekranów akustycznych, na poziom rtęci oceniono za pomocą analiz statystycznych przeprowadzonych w programie Statistica. Dodatkowo uzyskane dane poddano analizie przestrzennej z użyciem narzędzi GIS, natomiast ich wizualizację opracowano w środowisku ArcGIS Pro 3.3.2 (Esri Polska sp. z o.o., Warszawa).

*Praca ta została sfinansowana przez program Funduszu Doskonalenia Umiejętności Młodych
Naukowców (FU2N) wspierający działalność naukową Politechniki Łódzkiej
(grant nr W-3D/FUN2N/2/2024)*

[1] M. Pogrzeba, D. Cizek, R. Galimska-Stypa, Plant Soil 409 (2016) 371–387.

[2] H. Jaworska, J. Klimek, Minerals 11(11) (2021) 1221.

SiO₂ NPs JAKO CZYNNIK MODYFIKUJĄCY SKŁAD PIERWIASTKOWY GROCHU

Julia Cegielska

Promotor: dr hab. inż. Elżbieta Skiba

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

W obliczu postępujących zmian klimatycznych oraz degradacji środowiska, zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego stanowi jedno z najważniejszych wyzwań współczesnego rolnictwa. Szczególnego znaczenia nabierają rozwiązania umożliwiające zwiększenie produktywności roślin uprawnych przy jednoczesnym ograniczeniu ich negatywnego wpływu na środowisko. Jednym z intensywnie rozwijających się kierunków prac w tym obszarze są technologie wykorzystujące nanocząstki w nawożeniu i ochronie roślin. Krzem uznawany jest za pierwiastek korzystnie wpływający na wzrost i rozwój roślin, zwłaszcza kiedy są one narażone na działanie czynników stresowych. Wykazano, że związki krzemu mogą ograniczać skutki stresu abiotycznego i biotycznego poprzez stabilizację aparatu fotosyntetycznego, ochronę ultrastruktury chloroplastów oraz wzmacnianie mechanizmów antyoksydacyjnych [1–3]. Coraz większym zainteresowaniem, jako czynnik łagodzący stres cieszą się nanocząstki tlenku krzemu, które – dzięki niewielkim rozmiarom i dużej powierzchni właściwej – mogą efektywniej oddziaływać na metabolizm roślin niż tradycyjne formy nawozów krzemowych. Dotychczasowe badania wskazują, że SiO₂ NPs mogą poprawiać tolerancję roślin na stres, stymulować wzrost oraz wpływać na regulację gospodarki składnikami mineralnymi [4].

Celem pracy było określenie wpływu nanocząstek tlenku krzemu, stosowanych na trzech poziomach stężeń (10, 100, 200 mg/L) na wzrost, zawartość chlorofilu oraz akumulację wybranych pierwiastków (Cu, Zn, Fe, Mn, Mg, P) w korzeniach i pędach grochu (*Lathyrus oleraceus* Lam.). Uzyskane wyniki wskazują, że suplementacja nanocząstkami SiO₂ wpływa na dystrybucję pierwiastków w roślinie. Najsilniejszy efekt zaobserwowano w przypadku ograniczenia pobierania żelaza. Dodatek SiO₂ NPs do pożywki, niezależnie od zastosowanego stężenia, zwiększał przyswajanie fosforu w pędach. Zastosowanie wyższych stężeń nanocząstek (100 i 200 mg/L) skutkowało skróceniem długości korzeni roślin. Jednocześnie odnotowano wzrost zawartości chlorofilu w liściach grochu traktowanego SiO₂ NPs w stężeniu 100 mg/L.

[1] A. Rastogi, S. Yadav, S. Hussain, S. Kataria, S. Hajjhashemi, P. Kumari i in., *Plant Physiol. Biochem.* 169 (2021) 40–48.

[2] A. Emamverdian, Y. Ding, F. Mokhberdoran, Z. Ahmad, Y. Xie, *Glob. Ecol. Conserv.* 24 (2020) e01306.

[3] A. Parveen, Z.A. Siddiqui, *Vegetos* 35 (2022) 83–93.

[4] M. Yadav, N. George, V. Dwibedi, *Environ. Pollut.* 333 (2023) 122112.

DYNAMIKA ZANIKU AZOKSYSTROBINY STOSOWANEJ W UPRAWIE OSTROPESTU PLAMISTEGO (*SILYBUM MARIANUM* L. GAERTN.)

Dawid Krakowiak

Promotor: **dr hab. inż. Dorota Adamczyk-Szabela**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Obecnie obserwuje się rozwój upraw ekologicznych prowadzonych w warunkach kontrolowanych. Istnieje konieczność poznania oddziaływania pestycydów stosowanych w rolnictwie z innymi elementami środowiska. Azoksystrobina ($C_{22}H_{17}N_3O_5$) to związek z grupy strobiluryn, powszechnie stosowany w ochronie roślin przed patogenami grzybowymi. Azoksystrobina jest fungicydem o działaniu systemicznym oraz wgłębnym. Po aplikacji roślina wchłania ją przez liście lub korzenie i transportuje wraz z sokami (ksylemem) do nowych przyrostów. Jest to środek o szerokim spektrum działania, skuteczny przeciwko *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Oomycota* i *Deuteromycota*. Wykorzystuje się go m.in. do ochrony zbóż, rzepaku, warzyw oraz roślin leczniczych.

Ostropest plamisty (*Silybum marianum* L. Gaertn.) jest ceniony w farmacji i medycynie przede wszystkim za swoje silne działanie hepatoprotekcyjne, czyli ochraniające komórki wątroby. Zawarty w nim kompleks sylimaryny stabilizuje błony komórkowe hepatocytów, dzięki czemu skutecznie chroni je przed niszczącym wpływem toksyn, takich jak alkohol, metale ciężkie, toksyny muchomorów sromotnikowego czy niektóre leki, a jednocześnie stymuluje syntezę białek, co przyspiesza naturalną samoregenerację. Ponadto roślina wykazuje silne właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne. Wyciągi z ostropestu są powszechnie wykorzystywane jako główny składnik popularnych leków (np. Sylimarol).

Celem eksperymentu było zbadanie wpływu rodzaju gleby użytej do uprawy ziół na szybkość rozkładu azoksystrobiny w podłożu oraz w liściach ostropestu plamistego.

Uprawę roślin prowadzono w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, w fitotronach Conviron Gen1000. Zastosowano dwa rodzaje podłoża: glebę mineralną oraz glebę organiczną. Fungicyd stosowano w postaci oprysku w dawce 1 mg/ml. Liście ostropestu ścinano i analizowano odpowiednio po 7, 14, 28 oraz 42 dniach. Równolegle wprowadzono azoksystrobinę do pojemników z glebą bez roślin i badano jej zawartość w ww. odstępach czasu. Ekstrakcję fungicydu z matryc biologicznych prowadzono metodą QuEChERS'a. Oznaczanie pozostałości azoksystrobiny wykonano techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją spektrofotometryczną (HPLC-UV-VIS).

Rodzaj gleby istotnie wpływał na stopień i tempo degradacji azoksystrobiny. W glebie organicznej proces rozkładu zachodził szybciej niż w glebie mineralnej, co bezpośrednio przełożyło się na niższą zawartość fungicydu w liściach ostropestu plamistego. Właściwości fizykochemiczne gleby, w szczególności zawartość materii organicznej, stanowią kluczowy czynnik determinujący losy środowiskowe azoksystrobiny.

SYNTEZA I ANALIZA KOMPLEKSÓW METALI Z ETODOLAKIEM

Patrycja Schab

Promotor: **prof. dr hab. inż. Wojciech Wolf**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Karolina Kafarska**

**Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-534 Łódź**

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Etodolak to związek należący do grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ). Charakteryzuje się działaniem przeciwzapalnym, przeciwbólowym oraz przeciwgorączkowym [1]. Jego aktywność biologiczna wynika przede wszystkim z hamowania enzymu cyklooksigenazy, co prowadzi do zmniejszenia syntezy prostaglandyn odgrywających istotną rolę w procesach zapalnych [2]. Obecność w cząsteczce etodolaku grup funkcyjnych zdolnych do wiązania z jonami metali sprawia, że związek ten stanowi interesujący obiekt badań w zakresie chemii koordynacyjnej. Powstające kompleksy mogą wykazywać potencjalne znaczenie farmaceutyczne [3].

Celem pracy była synteza i badania kompleksów wybranych metali przejściowych z etodolakiem. Do określania składu oraz właściwości otrzymanych związków zastosowano różne techniki instrumentalne. Spektroskopia FT-IR umożliwiła identyfikację wiązań koordynacyjnych pomiędzy ligandem a jonom metalu, natomiast atomowa spektrometria absorpcyjna (AAS) pozwoliła na oznaczenie zawartości procentowej metalu, co było istotnie przy ustalaniu wzoru sumarycznego związku. Z kolei analiza termiczna dostarczyła informacji dotyczących stabilności termicznej, stopnia uwodnienia oraz etapów rozkładu badanych kompleksów, a także umożliwiła weryfikację poprawności wyznaczonych wzorów sumarycznych.

*Praca sfinansowana w ramach grantu „FU2N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej
– grantnr W-3D/FU2N/4/2024*

- [1] R. Sebaa, R.H. AlMalki, H. Sukkarieh, L.A. Dahabiyeh, M. Al Mogren, T. Arafat, A.H. Mujamammi, E.M. Sabi, A.M. Abdel Rahman, *Pharmaceuticals* 18 (2025) 1155.
- [2] X. Hu, Y. Gong, Z. Cao, Z. Huang, J. Sha, Y. Li, T. Li, B. Ren, *J. Mol. Liq.* 316 (2020) 113779.
- [3] X.Q. Song, Z.Y. Ma, Y.G. Wu, M.L. Dai, D.B. Wang, J.Y. Xu, Y. Liu, *Eur. J. Med. Chem.* 167 (2019) 377–387.

**SYNTEZA I ANALIZA NOWYCH POŁĄCZEŃ KOORDYNACYJNYCH METALI
BLOKU S Z FLURBIPROFENEM
– NIESTEROIDOWYM LEKIEM PRZECIWPALNYM**

Natalia Gierczak

Promotor: **prof. dr hab. inż. Wojciech M. Wolf**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Karolina Kafarska**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) są jedną z najczęściej stosowanych grup leków na świecie. Znalazły zastosowanie w łagodzeniu bólu, gorączki oraz w leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawów [1]. Ich działanie przeciwzapalne opiera się na hamowaniu enzymu cyklooksygenazy (COX), który pośredniczy w procesach zapalnych w organizmie. [2]. Niestety, długotrwałe stosowanie NLPZ wiąże się z poważnymi skutkami ubocznymi, m.in.: bólami brzucha, niestrawnością, nudnościami oraz poważnymi problemami żołądkowo-jelitowymi, takimi jak krwawienia i perforacje. W celu ograniczenia skutków ubocznych oraz zwiększenia aktywności biologicznej i biodostępności leków tworzy się kompleksy NLPZ z odpowiednio dobranymi kationami metali [3].

Obecnie większość związków koordynacyjnych NLPZ opisanych w literaturze to kompleksy jonów metali przejściowych. Znacznie mniej uwagi poświęcono kompleksom jonów metali ziem alkalicznych. Jony tych metali odgrywają kluczową rolę w wielu szlakach biologicznych, takich jak różnorodność komórkowa, podział, apoptoza, homeostaza, regulacja równowagi elektrolitowej, pH oraz impulsy nerwowe [4]. Ponadto mają one przewagę nad jonami metali przejściowych lub lantanowców, ponieważ większość kationów bloku s jest nietoksyczna i rozpuszczalna w środowisku wodnym [5].

W niniejszym komunikacie przedstawiam wyniki badań nad związkami koordynacyjnymi metali bloku s z flurbiprofenem. Metody instrumentalne pozwoliły m.in. na określenie składu otrzymanych związków, potwierdzenie występowania wiązania koordynacyjnego oraz zbadania trwałości i etapów rozkładu termicznego.

[1] S. Wongrakpanich, A. Wongrakpanich, K. Melhado, J. Rangaswami, *Aging Disease* 9 (2018) 143–150.

[2] H. Zhao-Fleming, A. Hand, K. Zhang, R. Polak, A. Northcut, D. Jacob, S. Dissanaik, K. P. Rumbaugh, *Burns Trauma* 6 (2018).

[3] M. Brzozowska, B. Jana, J. Całka, *International Journal of Molecular Sciences* 22 (2021) 11689.

[4] S. R. Shah, Z. Shah, A. Khan, A. Ahmed, Sohani, J. Hussain, R. Csuk, M. U. Anwar, A. Al-Harrasi, *ACS Omega* 4 (2019) 21559–21566.

[5] B. R. Srinivasan, S. Y. Shetgaonkar, C. Näther, W. Bensch, *Polyhedron* 28 (2009) 534–540.

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

METODY ANALIZY FIZYKOCHEMICZNEJ NANOCZĄSTEK POLIMEROWYCH

Patrycja Jaroniek

Promotorzy: dr hab. Weronika Gonciarz, prof. UŁ,
dr hab. inż. Marek Brzeziński, prof. CBMiM

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

*Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych, Polska Akademia Nauk,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź, Polska*

*Szkoła Doktorska BioMedChem Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutów PAN w Łodzi,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź, Polska*

Wstęp: Celem nanomedycyny jest opracowywanie nowoczesnych strategii terapeutycznych w oparciu o projektowanie nanonośników leków, których przewagą względem terapii tradycyjnych jest m.in. kontrola transportu i przedłużonego uwalniania dawki leku w miejscu docelowego działania. Nanocząstki (NPs) na bazie polimerów biodegradowalnych, takich jak polilaktyd (PLA), mogą dodatkowo zawierać modyfikację w łańcuchu głównym poprzez funkcjonalizację substancją o aktywności biologicznej, potencjalnie zwiększającą efektywność opracowanej nanoformulacji. W tym celu otrzymano PLA z histaminą (His) jako grupą końcową, które posłużyły do otrzymania NPs z enkapsulowanym lekiem przeciwnowotworowym – 5-fluorouracylem (5-FU), a finalnie zbadano ich aktywność względem komórek raka żołądka. **Materiały i metody:** PLA został przygotowany w reakcji polimeryzacji z otwarciem pierścienia, w której His była inicjatorem i katalizatorem. NPs PLA-His z enkapsulowanym 5-FU zostały przygotowane metodą nanowytrącania. Oceniono strukturę chemiczną NPs metodą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR), efektywność enkapsulacji, uwalnianie leku metodą UV-Vis, wielkość i morfologię NPs metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz dynamicznego rozpraszania światła (DLS), jak również wartość potencjału zeta. Aktywność cytotoksyczną NPs względem komórek raka żołądka linii AGS CRL-1739 sprawdzono w teście redukcji soli tetrazolowej MTT wg normy ISO 10993-5:2009. **Wyniki:** Wykazano, że wielkość opracowanych NPs była odpowiednia do zastosowania ich jako nanonośników leków przeciwnowotworowych (PLA-His-5-FU – 147 nm). Enkapsulacja leku wpływa na zwiększenie rozmiaru oraz zmienia ładunek NPs (z -18.5 na +5.2). Analiza SEM wykazała, że opracowane NPs charakteryzują się dobrze zdefiniowaną, jednorodną strukturą. Analiza DLS potwierdziła jednorodność, stabilność oraz brak agregacji opracowanych NPs w odpowiednim buforze. Profil uwalniania opracowanych NPs wskazuje na korzystną kinetykę uwalniania, obejmującą początkowe uwolnienie dawki 5-FU, po którym następuje wyraźna faza plateau oraz przedłużone uwalnianie do 72 godzin (34,6%). Wykazano, że NPs są cytotoksyczne względem komórek raka żołądka badanej linii w czasie 24 i 72 godzin. **Wnioski:** Opracowano stabilne NPs o określonych parametrach fizykochemicznych, wykazujące działanie cytotoksyczne wobec komórek raka żołądka.

Współautorzy wystąpienia: dr hab. inż. Marek Brzeziński, prof. CBMiM, mgr Zuzanna Świniarska, prof. dr hab. Magdalena Chmiela, prof. UŁ, dr hab. Weronika Gonciarz, prof. UŁ.

[1] P. Jaroniek, M. Brzeziński, Z. Świniarska, M. Chmiela, W. Gonciarz, Scientific Reports. 2026 (w recenzji).

WYKORZYSTANIE CHEMII „CLICK” W SYNTEZIE FLUORESCENCYJNIE ZNAKOWANYCH ZWIĄZKÓW O POTENCJALNEJ AKTYWNOŚCI BIOLOGICZNEJ

Julia Szymańska

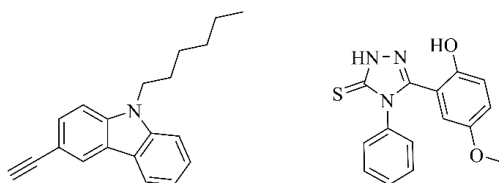
Promotor: dr hab. Michał Rachwański, prof. UŁ

Promotor pomocniczy: dr Adam Marek Pieczonka

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

*Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Lekooporność oraz konieczność poszukiwania nowych leków o wysokiej skuteczności i możliwie najmniejszej liczbie działań niepożądanych stanowią jedno z najważniejszych wyzwań XXI wieku i są przedmiotem badań naukowców na całym świecie. W odpowiedzi na te problemy coraz większe znaczenie zyskuje chemia „click”, umożliwiająca szybkie i selektywne otrzymywanie nowych związków o potencjalnym zastosowaniu terapeutycznym [1]. Istotną rolę odgrywają również związki znakowane fluorescencyjnie, które umożliwiają śledzenie oddziaływań leków w układach biologicznych oraz ocenę ich aktywności i mechanizmu działania. Wprowadzenie fragmentów luminescencyjnych do struktur o potencjalnej aktywności biologicznej pozwala na połączenie właściwości terapeutycznych z funkcją obrazowania i detekcji otrzymanych układów [2, 3].



Rysunek 1. Wprowadzane fragmenty luminescencyjne

Celem projektu jest wykorzystanie opracowanej przez nas metody syntezy związków z zastosowaniem selektywnego otwarcia pierścienia oksiranu i azirydyny oraz koncepcji chemii „click” [4], co umożliwi wprowadzenie fragmentów luminescencyjnych do otrzymanych układów oraz syntezę znakowanych fluorescencyjnie analogów leków. Podejście to pozwoli połączyć potencjalne właściwości biologiczne cząsteczki z układem luminescencyjnym. Dodatkowo przeprowadzono badania fotofizyczne w celu oceny właściwości emisyjnych otrzymanych związków.

[1] J. Kaur, M. Saxena, N. Rishi, *Bioconjugate Chem.* 32 (2021) 1455–1471.

[2] N. I. Georgiev, V. V. Bakov, K. K. Anichina, W. B. Bojinov, *Pharmaceuticals* 16 (2023) 381.

[3] A. Sharma, P. Verwilt, M. Li, D. Ma, N. Singh, J. Yoo, Y. Kim, Y. Yang, J. H. Zhu, H. Huang, X. L. Hu, X. P. He, L. Zeng, T. D. James, X. Peng, J. L. Sessler, J. S. Kim, *Chem. Rev.* 124 (2024) 2699–2804.

[4] J. Szymańska, M. Palusiak, A. J. Rybarczyk-Pirek, G. Wiosna-Sałyga, M. Rachwański, A. M. Pieczonka, *Org. Biomol. Chem.* 24 (2026) 2254.

MECHANOCHEMICZNA AKTYWACJA (3+2)-CYKLOADDYCJI NITROKUMARYN I FLUOROWANYCH NITRYLOIMIN

Adrian Warcholiński

Promotor: dr hab. Marcin Jasiński, prof. UŁ

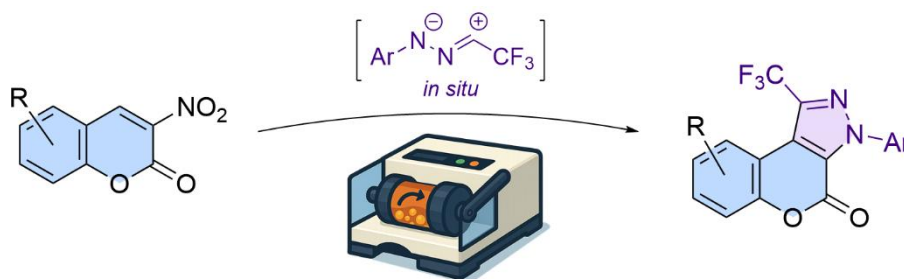
Promotor pomocniczy: dr Emilia Obijalska

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

*Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Kumaryna i jej analogi stanowią istotną grupę naturalnych laktonów o szerokim spektrum właściwości biologicznych, w tym przeciwzapalnych, przeciwzakrzepowych, antyoksydacyjnych, przeciwdrobnoustrojowych i przeciwnowotworowych [1]. Stosunkowo łatwa modyfikacja ich struktury poprzez wprowadzanie grup funkcyjnych o różnorodnych cechach elektronowych i/lub rozszerzenie układu sprzężonych wiązań π o kolejne pierścienie (hetero)arylowe, sprawia, że są one cenionymi blokami budulcowymi w chemii materiałów oraz farmaceutyków.

W oparciu o wcześniejsze doświadczenie w chemii fluorowanych nitryloimin [2], opracowaliśmy w pełni regioselektywną metodę syntezy nowej klasy fluorowanych policyklicznych pochodnych pirazolu opartą o mechanochemiczną reakcję (3+2)-cykloaddycji z użyciem 3-nitrokumaryn jako dogodnych dipolarofili. W komunikacie przedstawione zostaną ograniczenia i zalety opracowanej procedury, a także obiecujące właściwości fotofizyczne uzyskanych produktów.



Rysunek 1. Poglądowy schemat tytułowej reakcji prowadzącej do fluorowanych chromeno[4,3-c]pirazoli

*Podziękowania dla polskiej infrastruktury obliczeniowej PLGrid (Centrum HPC: ACK Cyfronet AGH)
za udostępnienie zasobów komputerowych oraz wsparcie w ramach grantu obliczeniowego
nr PLG/2025/018121*

[1] Y. Zou, et al., *Green Chem Eng.* 5 (2024) 150-154.

[2] (a) G. Utecht-Jarzyńska, et al., *RSC Mechanochemistry* 2 (2025) 79-82; (b) K. Świątek, et al., *J. Org. Chem.* 91 (2026) 3321-3328.

FASCYNUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI RÓŻNYCH ODMIAN POLIMORFICZNYCH POCHODNYCH BENZOKUMARYNY

Eliza Świętczak

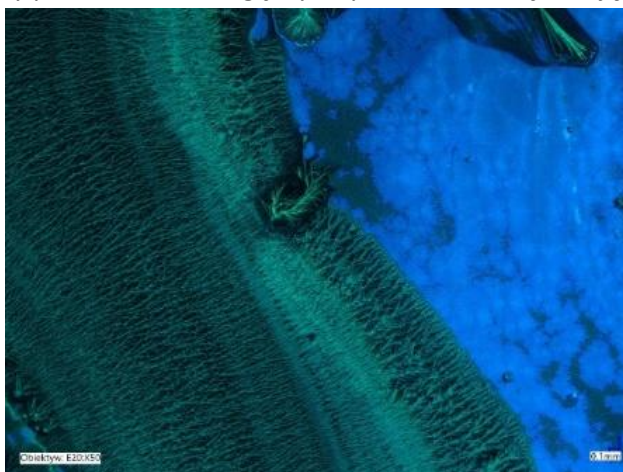
Promotor: **dr hab. Michał Rachwański, prof. UŁ**

Promotor pomocniczy: **dr Adam Pieczonka**

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

Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych UŁ, ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

Kumaryna to związek heterocykliczny, który ze względu na naturalne występowanie i wykazywaną aktywność biologiczną cieszy się coraz większym zainteresowaniem [1]. Kumaryna i jej pochodne stanowią grupę związków chemicznych o szczególnym znaczeniu. Stosowane są zarówno w przemyśle farmaceutycznym jako leki przeciwzakrzepowe, jak również w przemyśle spożywczym i kosmetycznym. Zależy mi na tym, aby możliwe było wykorzystanie moich związków jako warstwy emisyjne w Organicznych Diodach Elektroluminescencyjnych. Integralną częścią prowadzonych badań jest przygotowanie cienkich warstw ciała stałego oraz przeprowadzenie analiz spektroskopowych, obejmujących badania absorpcji oraz emisji zarówno w roztworach jak i cienkich warstwach ciała stałego. Istotnym zagadnieniem w prowadzonych badaniach jest polimorfizm, czyli zjawisko związane z upakowaniem molekularnym. W moich badaniach analizuję polimorfizm krystaliczny, rozumiany jako zdolność związku do krystalizacji w więcej niż jednej odrębnej strukturze krystalicznej [2]. Zjawisko to staje się widoczne po utworzeniu cienkiej warstwy ciała stałego. W luminescencyjnych materiałach organicznych, różne formy polimorficzne mogą wykazywać odmienną emisję [3, 4].



Zdjęcie cienkiej warstwy ciała stałego wykonane dla wybranego związku

- [1] V. C. Basappa, S. Penubolu, D. K. Achutha, A. K. Kariyappa, J. Chem. Sci. 133 (2021) 55.
- [2] A. A. Dar, A. A. Malik, J. Mater. Chem. C 12 (2024) 9888.
- [3] Y. Song, G. Pan, C. Zhang, CanWang, BinXu, W. Tian, Mater. Chem. Front. 7 (2023) 5104-5119.
- [4] D. Tchoń, A. Wrona-Piotrowicz, D. Trzybiński, A. Makal, CrystEngComm. 21 (2019) 5845.

STABILNE RODNIKI ZE SKONDESOWANYMI PIERŚCIENIAMI AROMATYCZNYMI – SYNTEZA I BADANIE WŁAŚCIWOŚCI

Julia Śleszyńska

Promotor: **prof. dr hab. inż. Piotr Kaszyński**

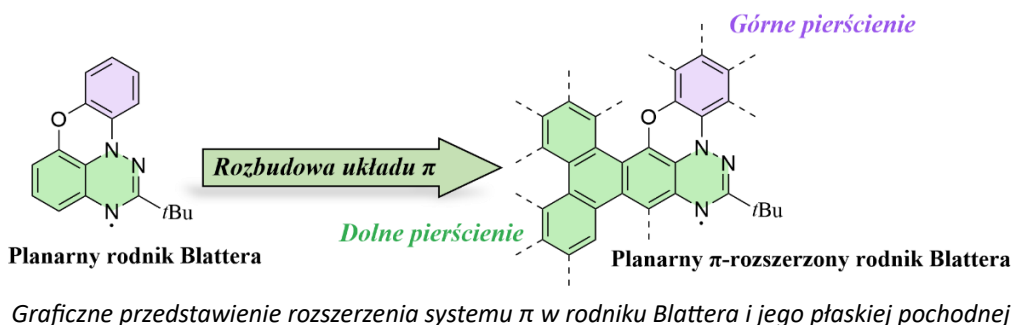
Promotor pomocniczy: **dr inż. Paulina Bartos**

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

Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych UŁ

Rodnik Blattera oraz jego planarne pochodne [1, 2] są szeroko badane w kontekście zastosowań w nowoczesnych materiałach ze względu na ich unikalne właściwości magnetyczne, elektrochemiczne i elektronowe. Rodniki te wykazują wyjątkową stabilność, będącą skutkiem efektywnej π -delokalizacji oraz SOMO o charakterze π^* . Kolejną klasą związków, która wzbudza zainteresowanie w nauce o materiałach są policykliczne węglowodory aromatyczne (PAH). Ciekawe właściwości optyczne i elektrochemiczne czynią je bardzo wartościowymi elementami konstrukcyjnymi zaawansowanych materiałów funkcjonalnych [3].

W niniejszym projekcie jednostki PAH zostały połączone ze strukturą planarnych rodników benzotriazynyliowych poprzez rozszerzenie zarówno górnego, jak i dolnego układu pierścieniowego. Połączenie wyjątkowych właściwości tych dwóch klas związków umożliwia opracowanie nowych paramagnetycznych, zdelokalizowanych układów π o potencjalnych zastosowaniach w elektronice molekularnej. Badania obliczeniowe (DFT) wykazały, że jednoczesne rozszerzenie obu układów pierścieniowych znacząco zwiększa delokalizację spinu w całym szkielecie molekularnym, podczas gdy modyfikacja tylko jednej części struktury prowadzi do bardziej zlokalizowanego rozkładu spinu [4]. Przedstawiona praca stanowi racjonalną strategię projektowania trwałych, zdelokalizowanych układów rodnikowych, wraz ze szczegółową analizą ich właściwości spektroskopowych (UV-Vis, EPR), elektrochemicznych (CV) oraz strukturalnych (XRD).



Praca sfinansowana w ramach grantu: NCN SONATA 2022/47/D/ST4/03462

- [1] H. M. Blatter, H. Lukaszewski, Tetrahedron Lett. 9, (1968) 2701-2705.
[2] P. Kaszyński, C. P. Constantinides, V. G. Young, Jr., Angew. Chem. Int. Ed. 55, (2016) 11149–11152.
[3] J. E. Anthony, Chem. Rev. 106, (2006) 5028–5048.
[4] G. A. Zissimou, P. Bartos, A. Pietrzak, P. Kaszyński, J. Org. Chem. 87, (2022) 4829–4837.

ELEKTROORGANOKATALITYCZNA SYNTEZA POCHODNYCH TETRAHYDROIZOCHINOLINY

mgr inż. Zofia Milczarska

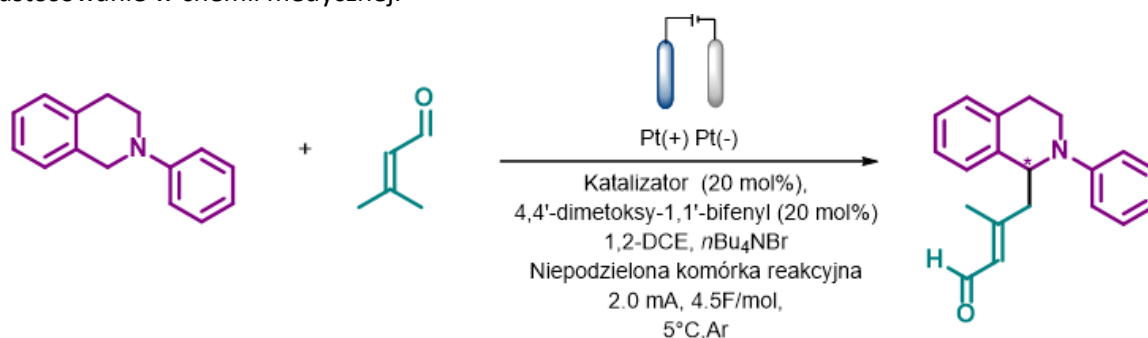
Promotor: dr hab. inż. Anna Albrecht

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Rosnące koszty oraz czasochłonność procesu odkrywania nowych leków skłaniają do intensywnych poszukiwań alternatywnych metod syntezy związków o istotnym znaczeniu biologicznym, w tym pochodnych chinoliny. Związki te charakteryzują się szerokim spektrum aktywności farmakologicznej i biologicznej, co umożliwia ich potencjalne zastosowanie m.in. w terapii malarii, astmy, schizofrenii, chorób neurodegeneracyjnych oraz różnych typów nowotworów. W tym kontekście szczególne zainteresowanie budzi elektrosynteza, która stanowi efektywną i zrównoważoną środowiskowo metodę selektywnej modyfikacji związków organicznych w łagodnych warunkach reakcji.

W niniejszej pracy opracowano elektroorganokatalityczną metodę syntezy pochodnych 2-fenyl-1,2,3,4-tetrahydroizochinoliny, wykorzystując jako substraty 2-fenyl-1,2,3,4-tetrahydroizochinoliny oraz 3-metylo-but-2-enal. Przeprowadzono optymalizację warunków reakcji, obejmującą m.in. dobór natężenia prądu, czasu elektrolizy, katalizatora, układu rozpuszczalników oraz elektrolitu. Dzięki temu uzyskano produkt docelowy z bardzo wysoką wydajnością, sięgającą 93%. Otrzymane wyniki potwierdzają wysoką efektywność elektrochemicznie indukowanej funkcjonalizacji wiązań α -C–H w cyklicznych aminach trzeciorzędowych. Zaproponowana metodologia stanowi selektywne, wydajne oraz przyjazne środowisku podejście do syntezy strukturalnie złożonych związków, które mogą znaleźć zastosowanie w chemii medycznej.



Rysunek 1. Modelowa reakcja elektrochemiczna

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie programu Sonata Bis UMO-2022/46/E/ST4/00338

[1] U. Maira, C. Stephen, Ł. M., Cieśla, J. Pharm. Biomed. Anal. 210 (2022) 114553.

[2] W. Xie, N. Liu, B. Gong, S. Ning, X. Che, L. Cui, J. Xiang, Eur. J. Org. Chem. 14 (2019) 2498–2501.

SYNTEZA AKTYWNYCH BIOLOGICZNIE KONIUGATÓW IZOTIOCYJANIANOWO-TRIAZYNOWYCH ZAWIERAJĄCYCH PIERŚCIEŃ AZETYDYNY

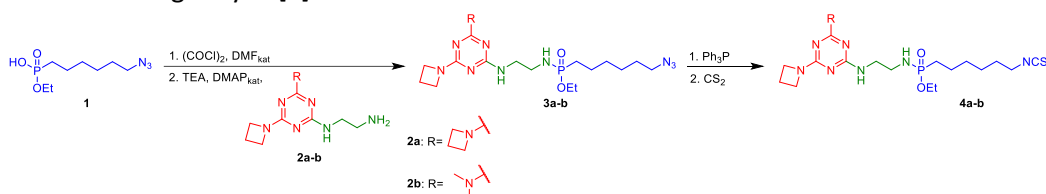
mgr inż. Kacper Górecki

Promotor: dr Łukasz Janczewski

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-537 Łódź*

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

1,3,5-Triazyny ze względu na możliwość przyłączenia trzech różnych podstawników są niezwykle interesującą grupą związków organicznych. Rdzeń zawierający pierścień 1,3,5-triazyny podstawiony trzema zróżnicowanymi strukturalnie podstawnikami jest obecny w wielu związkach wykazujących właściwości biologiczne [1]. Inną szeroko badaną grupą związków są izotiocyjaniiny (ITCs). Naturalnym źródłem ITCs są warzywa kapustowate, w których izotiocyjaniiny powstają z nieaktywnych biologicznie glukozynolanów [2]. Oprócz naturalnych ITCs syntezowane są nienaturalne ITCs o polepszonych właściwościach biologicznych [3].



Rysunek 1. Synteza koniugatów izotiocyjanianowo-triazynowych zawierające pierścienie azetydyny

Celem badań było otrzymanie nieopisanych w literaturze koniugatów składających się z dwóch aktywnych biologicznie fragmentów: 6-(izotiocyjanioheksylo)fosfonianu etylu oraz pochodnej Altretaminy zawierającej rdzeń 1,3,5-triazyny podstawiony dwoma pierścieniami azetydyny bądź pierścieniem azetydyny i grupą dimetyloaminową połączonych ze sobą za pomocą etylenodiaminowego linkera. Oba koniugaty otrzymano z wydajnościami odpowiednio 63% oraz 67%. Struktury syntezowanych związków zostały potwierdzone za pomocą widm ¹H, ³¹P oraz ¹³C NMR, a czystość oraz masa określone za pomocą chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas. Związki zostały przebadane pod kątem ich właściwości przeciwbakteryjnych na szczepach *E. coli* oraz *S. aureus*.

[1] P. Singla, V. Luxama, K. Paul, Eur. J. Med. Chem. 102 (2015) 39-57.

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

[3] 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.

ELEKTROSYNTETYCZNA DIADDYCJA HYDROCHINONU TYPU DIELSA-ALDERA

Aleksandra Podlaska

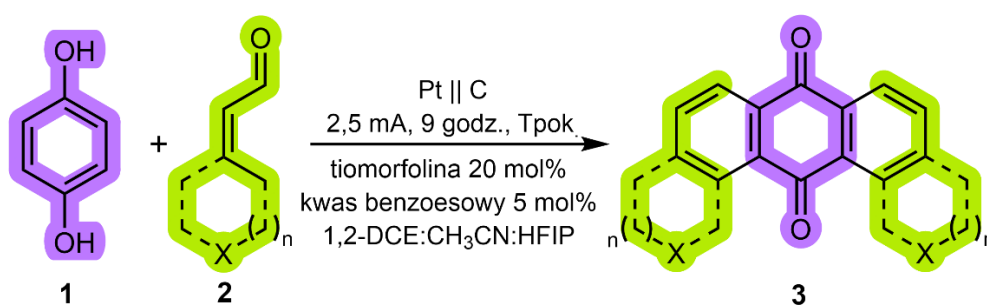
Promotor: **dr hab. Anna Albrecht, prof. PŁ**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Hydrochinon, podobnie jak inne chinony, jest wszechstronnym substratem w chemii organicznej. Z tego względu chinony są często stosowane w syntezie różnorodnych układów policyklicznych [1]. Jednym z takich motywów strukturalnych jest szkielet antrachinonu, charakteryzujący się znaczącą aktywnością biologiczną – od właściwości antybiotycznych po przeciwnowotworowe [2]. Konwencjonalne metody syntezy antrachinonu mają liczne ograniczenia, takie jak wieloetapowość procesów, konieczność stosowania podwyższonych temperatur oraz użycie silnych utleniaczy w stechiometrycznych ilościach [3]. Elektrochemiczne metody syntezy stanowią natomiast bardziej zrównoważoną i przyjazną dla środowiska alternatywę, eliminującą potrzebę stosowania niebezpiecznych odczynników chemicznych [4].

Niniejsza praca opisuje elektrochemicznie indukowaną reakcję dicykloaddycji typu Dielsa-Aldera między hydrochinonem **1** a α,β -nienasyconymi aldehydami **2**, z zastosowaniem tiomorfoliny jako katalizatora. W celu opracowania zoptymalizowanego protokołu przeprowadzono serię eksperymentów, w których oceniano kluczowe parametry reakcji, takie jak rodzaj i stężenie katalizatora, stosunki molowe substratów, rodzaj rozpuszczalnika oraz skład elektrolitu. Opracowana metoda stanowi skuteczny sposób syntezy antrachinonów o zróżnicowanej strukturze.



Abstrakt graficzny – ogólny schemat reakcji

*Praca sfinansowana w ramach grantu Sonata Bis Narodowego Centrum Nauki
(UMO-2022/46/E/ST4/00338)*

- [1] S. Patai, "The Chemistry of the Quinonoid Compounds" (2010) 1-616.
[2] a) D. K. Joung et. al., Exp Ther Med 3 (2012) 608. b) J. Bindhu, A. Das, K. M. Sakthivel, Appl. Biochem. Biotechnol. 191 (2020) 555-566.
[3] G. Diaz-Muñoz, I. L. Miranda, S. K. Sartori, D. C. de Rezende, M. A. N. Diaz, Studies in Natural Products Chemistry 58 (2018) 313-338.
[4] F. Sprang, S. R. Waldvogel, ACS Electrochemistry 1 (2024) 25-35.

C5-PODSTAWIONE POCHODNE CYTYDINY: WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE, KONFORMACYJNE I STRUKTURALNE

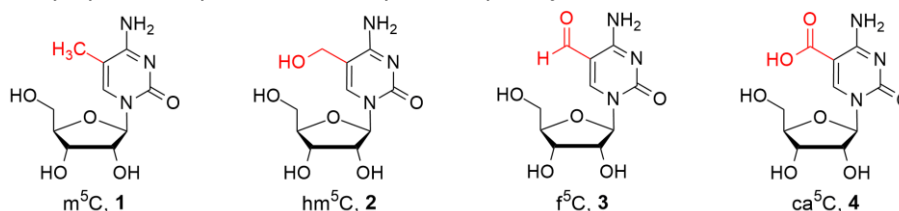
mgr inż. Mateusz Żółtobrocki

Promotor: dr hab. inż. Grażyna Leszczyńska

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Pochodne cytydyny podstawione w pozycji C5: 5-metylocytydyna (m^5C , **1**) i jej utlenione analogi, 5-hydroksymetylocytydyna (hm^5C , **2**), 5-formylocytydyna (f^5C , **3**) oraz 5-karboksycytydyna (ca^5C , **4**), należą do rodziny dynamicznych i odwracalnych modyfikacji DNA i RNA [1–3].



Rysunek 1. Struktury pochodnych cytydyny podstawionych w pozycji C5 (związki 1-4)

W niniejszej pracy przedstawiamy korelację między chemicznym charakterem podstawnika w pozycji 5, a właściwościami fizykochemicznymi oraz strukturalnymi zmodyfikowanych cytydyn **1-4**. Omawiamy również biologiczny kontekst zaobserwowanych różnic. Generalnie można stwierdzić, że elektronodonorowy lub elektronoakceptorowy charakter podstawników w pozycji 5 prowadzi do zmian zarówno kwasowości pierścienia pirymidynowego (wyrażonej wartością pK_a), jak i konformacji rybozy ($C3'$ -endo vs. $C2'$ -endo). Spośród badanych analogów 5-formylocytydyna, która obniża gęstość elektronową pierścienia cytozyny poprzez silne efekty -I oraz -M, wykazuje najwyższą kwasowość ($pK_a = 2,32$) oraz największy udział konformacji $C3'$ -endo cukru (~80%). Pomiarzy 1H NMR w zmiennej temperaturze (VT NMR) ujawniły obecność wewnątrzcząsteczkowych wiązań wodorowych między grupą 4-NH₂ a podstawnikiem w pozycji 5: umiarkowane silne oddziaływanie $N4-H \cdots O=C$ w przypadku f^5C oraz szczególnie silne oddziaływanie $N4-H \cdots OOC$ dla ca^5C . W przypadku ca^5C wykazano brak koalescencji protonów grupy 4-NH₂ do temperatury 345 K, co wskazuje na utrudnioną rotację wokół wiązania C4–N4 i skutkuje sztywnością konformacyjną zasady azotowej. Ta nietypowa cecha strukturalna może pełnić rolę trwałego sygnału regulatorowego w rozpoznawaniu białko-kwas nukleinowy lub przyczyniać się do osłabienia tego typu oddziaływań.

Praca wykonana w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki nr 2021/43/B/ST4/01570 (OPUS 22)

- [1] A. Cappannini, A. Ray, E. Purta, S. Mukherjee, P. Boccaletto, S.N. Moafinejad, A. Lechner, C. Barchet, B. P. Klaholz, F. Stefniak, J. M. Bujnicki, *Nucleic Acids Res.*, 52(D1) (2024) D239-D244.
[2] J. Mathlin, L. Le Pera, T. Colombo, *Int. J. Mol. Sci.* 21(13) (2020) 4684.
[3] A. Kuszczynska, M. Bors, K. Podskoczyj, G. Leszczynska, *Org. Biomol. Chem.* 22(36) (2024) 7271-7286.

NOWE OBLCZE OCHRONY PASZ – SURFAKTANT GEMINI 12-6-12 JAKO SKUTECZNY INHIBITOR MIKROORGANIZMÓW

Kinga Koszela

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

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Rosnące wymagania dotyczące bezpieczeństwa mikrobiologicznego materiałów paszowych zwiększają zapotrzebowanie na nowe związki ograniczające rozwój niepożądaną mikroflory. Szczególne zainteresowanie budzą surfaktanty gemini z grupy dimerycznych czwartorzędowych soli amoniowych. Związki te mają dwie grupy hydrofilowe oraz dwa łańcuchy hydrofobowe połączone łącznikiem, co nadaje im wysoką aktywność powierzchniową, która umożliwia hamowanie wzrostu mikroorganizmów. W pracy oceniono działanie przeciwdrobnoustrojowe surfaktantu gemini (12-6-12), czyli dibromku heksametyleno-1,6-bis(N,N-dimetylo-N-dodecylamoniowego) wobec mikroorganizmów mogących stanowić zanieczyszczenie pasz dla zwierząt [1, 2]. Analizie poddano gram dodatnie bakterie *Staphylococcus equorum*, gram ujemne *Pantoea agglomerans* oraz pleśń z gatunku *Aspergillus flavus*. Aktywność biobójczą związku określono na podstawie wartości minimalnego stężenia hamującego (MIC), wykorzystując metodę seryjnych rozcieńczeń w podłożu płynnym.

Otrzymane wyniki potwierdziły wysoką efektywność surfaktantu, a zróżnicowana wrażliwość drobnoustrojów była najprawdopodobniej związana z odmienną budową ich komórek. Najwyższą podatność odnotowano dla szczepu *S. equorum*, dla którego wartość MIC wyniosła 0,0036 mM/l. Wynik ten powiązano z silnym przyciąganiem elektrostatycznym między kationowymi głowami związku a ujemnie naładowaną ścianą komórkową, bogatą w kwasy tejchojowe i lipotejchojowe wbudowane w warstwę peptydoglikanu. Wyższą wartość MIC zaobserwowano dla *P. agglomerans* (0,014 mM/l), co wynika z obecności dodatkowej bariery w postaci błony zewnętrznej z warstwą lipopolisacharydową. Natomiast najniższą wrażliwość na działanie związku wykazał grzyb *A. flavus*, MIC równy 0,466 mM/l. Ograniczoną skuteczność surfaktantu wobec pleśni przypisano obecności zwartej, chitynowo-glukanowej ściany komórkowej oraz obecności ergosterolu w błonie cytoplazmatycznej.

Przeprowadzona analiza potwierdziła wysoki potencjał przeciwdrobnoustrojowy surfaktantu gemini 12-6-12. Uzyskane wyniki umożliwiają wskazanie szeregu wrażliwości drobnoustrojów: bakterie gram-dodatnie > bakterie gram-ujemne > grzyby strzępkowe i wskazują na potencjalne ich zastosowanie w ochronie pasz.

[1] B. Brycki, A. Szulc, J. Brycka, I. Kowalczyk, *Molecules* 28 (2023) 6336.

[2] B. Brycki, A. Szulc, I. Kowalczyk, A. Koziróg, E. Sobolewska, *Molecules* 26 (2021) 5759.

SYNTEZA KONIUGATU SKŁADAJĄCEGO SIĘ Z CIPROFLOKSACYNY ORAZ FOSFOROWEJ POCHODNEJ IZOTIOCYJANIANU JAKO NOWEGO ZWIĄZKU O POTENCJALNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWBAKTERYJNYCH

mgr. inż. Mateusz Wilgocki

Promotor: **prof. dr hab. inż. Beata Kolesińska**

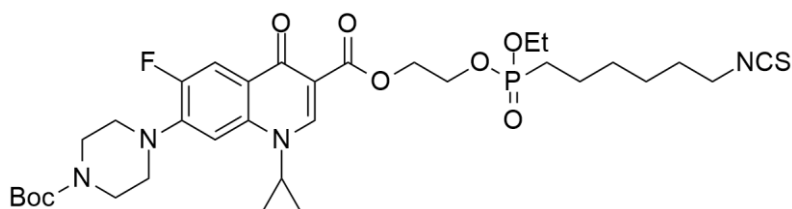
Promotor pomocniczy: **dr inż. Łukasz Janczewski**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Narastająca odporność bakterii na powszechnie stosowane antybiotyki stanowi istotny problem współczesnej medycyny oraz chemii medycznej [1, 2], motywując poszukiwanie nowych rozwiązań terapeutycznych. Jednym z obiecujących kierunków badań jest projektowanie cząsteczek hybrydowych, łączących w jednej strukturze różne fragmenty bioaktywne o potencjalnie komplementarnych mechanizmach działania [3].

Cyprofloksacyna, antybiotyk fluorochinolonowy drugiej generacji, wykazuje szerokie spektrum aktywności przeciwbakteryjnej poprzez hamowanie gyrazy DNA oraz topoizomerazy IV bakterii [4]. Narastająca oporność drobnoustrojów na fluorochinolony wymusza jednak opracowywanie zmodyfikowanych struktur o zwiększonej skuteczności działania.



Rysunek 1. Struktura otrzymanego koniugatu cyprofloksacyny z pochodną izotiocyanianu

W ramach moich badań zaprojektowałem i otrzymałem nowy koniugat cyprofloksacyny z fosforową pochodną izotiocyanianu, połączony łącznikiem glikolem etylenowym. Wieloetapowa synteza obejmowała funkcjonalizację fragmentu fosforowego, a następnie jego sprzężenie ze zmodyfikowaną pochodną cyprofloksacyny. Charakterystykę strukturalną przeprowadzono przy użyciu standardowych technik spektroskopowych, w tym NMR i spektrometrii mas.

[1] M. A. Kohanski, D. J. Dwyer, J. J. Collins, *Nat. Rev. Microbiol.* 8 (2010) 423-435.

[2] K. Bush, P. A. Bradford, *Nat. Rev. Microbiol.* 17 (2019) 295-306.

[3] P. Pinheiro, L. S. Franco, T. L. Montagnoli, C. A. Manssour Fraga, *Expert Opin. Drug Discov.* 19 (2024) 1-20.

[4] K. J. Aldred, R. J. Kerns, N. Osheroff, *Biochemistry* 53 (2014) 1565-1574.

ZNACZENIE RÓWNOWAGI HYDOFILOWO-LIPOFILOWEJ SURFAKTANTÓW W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI NANOEMULSJI

Katarzyna Kucybała

Promotor: **dr hab. inż. Anna Wajs-Bonikowska**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Agnieszka Krajewska**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej, ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź

Nanoemulsje są to układy koloidalne, charakteryzujące się średnicą kropli najczęściej od 10 do 100 nm. Ich właściwości fizykochemiczne i użytkowe są w znacznym stopniu determinowane przez odpowiedni dobór surfaktantu, odpowiadającego za obniżenie napięcia międzyfazowego oraz stabilizację układu dyspersyjnego. Jednym z kluczowych parametrów wykorzystywanych przy projektowaniu układów emulsyjnych jest wartość HLB. Jak wykazano w badaniach nad układami nanoemulsyjnymi, surfaktanty o wyższym HLB sprzyjają otrzymywaniu układów o mniejszym rozmiarze kropli i niższych wartościach indeksu polidispersyjności. Dodatkowo wykazano, że zastosowanie układów emulgator–koemulgator, szczególnie opartych na połączeniu surfaktantów o niskiej i wysokiej wartości HLB, umożliwia precyzyjne dostosowanie właściwości międzyfazowych oraz poprawę parametrów dyspersyjnych otrzymywanych nanoemulsji.

Celem badań było sprawdzenie zależności pomiędzy wartością HLB, strukturą chemiczną surfaktantów a efektywnością tworzenia nanoemulsji. W badaniach porównano właściwości pięciu surfaktantów tj. Olivem 1000 (HLB = 9,0), Laureth-7 (HLB = 12,4), PEG-40 Hydrogenated Castor Oil (HLB = 13,7), Polysorbate 20 (HLB= 16,7). Dodatkowo, w celu oceny wpływu układów mieszanych, podjęto próbę stabilizacji najlepszej formułacji z wykorzystaniem układu emulgator–koemulgator poprzez połączenie Polysorbate 20 ze Span 60 (HLB = 4,7). Badania prowadzono na układzie olej rzepakowy/woda. Nanoemulsję przygotowano przy zastosowaniu sonifikacji na urządzeniu Hielscher UP400St - (podwójny proces po 3 min każdy, przy temperaturze ok. 60°C, amplitudzie 100% (99 μm), częstotliwości 24 kHz oraz mocy w zakresie 200–220 W). Wielkość cząstek dyspersji badano z wykorzystaniem techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS), oznaczając średni rozmiar kropli oraz indeks polidispersyjności (PDI) na urządzeniu - ZetaSizer Nano Malvern. Wykonano również obserwacje mikroskopowe (Abaxis 300-LED) po wybarwieniu próbek Sudanem III (metodyka własna). Na podstawie otrzymanych wyników można zaobserwować, że spośród badanych surfaktantów najefektywniejszy okazał się Polysorbate 20. Nanoemulsja stabilizowana tym emulgatorem charakteryzowała się najmniejszym średnim rozmiarem kropli oraz najniższymi wartościami PDI (rozmiar kropli = $100,533 \pm 0,153$ nm, PDI= $0,248 \pm 0,04$), co świadczyło o wysokiej homogeniczności układu. Zastosowanie układu emulgator–koemulgator (Polysorbate 20/Span 60) umożliwiło obniżenie rozdrobnienia fazy wewnętrznej (rozmiar kropli = $60,68 \pm 0,14$ nm, PDI = $0,186 \pm 0,005$), przez co potencjalnie zwiększyło stabilność układu.

ZASTOSOWANIE TECHNIKI ICP-OES ORAZ ANALIZY CHEMOMETRYCZNEJ DO KLASYFIKACJI GEOGRAFICZNEJ KAWY

Jonasz Tadeusz Starkiewicz

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

Promotor pomocniczy: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej, ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź

Analiza składu pierwiastkowego kawy stanowi istotny element badań dotyczący jakości, bezpieczeństwa oraz autentyczności produktów spożywczych. Oznaczanie makro- i mikroelementów może być wykorzystywane zarówno w kontroli jakości surowca, jak i w badaniach nad pochodzeniem geograficznym kawy. Jedną ze stosowanych technik analitycznych w tego typu badaniach jest optyczna spektroskopia emisyjna z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-OES).

Autentykacja żywności, w tym weryfikacja deklarowanego pochodzenia geograficznego, nabiera coraz większego znaczenia w kontekście ochrony konsumenta oraz przeciwdziałania fałszowaniu produktów spożywczych. Kraj pochodzenia kawy bezpośrednio wpływa na jej profil sensoryczny i wartość rynkową, co czyni ją produktem szczególnie narażonym na nieuczciwe praktyki handlowe.

W niniejszej pracy oznaczono stężenia 23 pierwiastków (Ag, Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Sn, Sr, Ti, Tl, Zn) w próbkach kawy ziarnistej *Arabica* pochodzących z trzech krajów: Brazylii (BR), Kolumbii (CO) oraz Etiopii (ETH). Stężenia Ag, Cd, Co, Cr, Mo, Pb, Sb, Sn, Ti oraz Tl w większości analizowanych próbek były poniżej granicy oznaczalności, w związku z czym do dalszej analizy chemometrycznej włączono 13 pierwiastków wykazujących mierzalne stężenia we wszystkich grupach. Mineralizację próbek przeprowadzono metodą moką wspomaganą energią mikrofalową, a oznaczenia wykonano techniką ICP-OES. Uzyskane dane poddano analizie chemometrycznej z zastosowaniem analizy głównych składowych (PCA) oraz dyskryminacyjnej analizy cząstkowych najmniejszych kwadratów (PLS-DA).

PCA wykazała wstępną separację grup geograficznych, przy czym dwie pierwsze składowe główne wyjaśniły łącznie 48,4% całkowitej wariancji (PC1: 32,3%, PC2: 16,1%). Pełne rozróżnienie wszystkich trzech grup uzyskano za pomocą modelu PLS-DA zbudowanego na 4 zmiennych ukrytych, który osiągnął dokładność klasyfikacji 100% w walidacji krzyżowej metodą LOO. Próbki kolumbijskie wyróżniały się istotnie wyższą zawartością Ca i Ba, podczas gdy próbki brazylijskie charakteryzowały się podwyższonymi stężeniami K i Mn. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność połączenia informacji otrzymanych z użyciem spektroskopii emisyjnej ICP z metodami chemometrycznymi jako narzędzia do autentykacji pochodzenia geograficznego kawy.

*Praca sfinansowana w ramach grantu „FU2N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych
Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej
– grant nr W-3D/FU2N/18/2025/G*

EGF-DERIVED PEPTIDE–CHLORAMBUCIL MAGNETIC NANOCONJUGATES: A DUAL TARGETING AND HYPERTHERMIA STRATEGY FOR CANCER THERAPY

Sima Alvani Alamdari¹

Supervisor: **dr. hab. Justyna Fraczyk¹**

Co-supervisor: **dr. hab. Sebastian Schwaminger²**

¹*Lodz University of Technology, Faculty of Chemistry, Institute of Organic Chemistry,
Zeromskiego 114, 90-543 Łódź*

²*Medical University of Graz, Division of Medicinal Chemistry,
Neue Stiftingtalstraße 6, 8010, Graz, Austria*

Magnetic nanoparticles (MNPs) are widely explored in biomedicine due to their superparamagnetic properties, low cytotoxicity, and suitability for hyperthermia, targeted drug delivery, and cell separation. Their ability to undergo surface functionalization enables the formation of multifunctional therapeutic systems [1, 2].

In this study, peptide–Chlorambucil conjugated magnetic nanoparticles were designed and synthesized for targeted cancer therapy. The targeting element consists of an EGF-derived peptide fragment, which functions as a tumor-targeting peptide by recognizing overexpressed epidermal growth factor receptors (EGFR) on cancer cells. Beyond its targeting role, the EGF-derived peptide fragment provides spatial separation between the nanoparticle surface and the cytotoxic payload, thereby improving receptor accessibility [3]. Chlorambucil was covalently attached to ensure structural stability during systemic circulation, while drug release is expected to occur under intracellular conditions, particularly within lysosomal environments [4].

To achieve controlled and site-specific drug release, enzyme-cleavable linkers such as Val–Cit and Gly–Pro–Hyp were combined into the peptide structure. These linkers serve a dual function: (i) extending the bioactive peptide away from the nanoparticle surface to enhance binding efficiency, and (ii) acting as enzymatic triggers within the tumor microenvironment to enable selective release of the cytotoxic agent.

The nanoconjugates were characterized by FT-IR, VSM, DLS, SEM, and TGA. Their hyperthermia performance was evaluated, demonstrating potential as dual-function platforms combining targeted chemotherapy with magnetically induced thermal therapy.

[1] A. K. Hauser, K. W. Anderson, J. Z. Hilt, *Nanomedicine* 11 (2016) 1769–1785.

[2] I. Roy, *Mater. Adv.* 3 (2022) 7425–7444.

[3] M. A. Shevtsov, B. P. Nikolaev, L. Y. Yakovleva, Y. Y. Marchenko, A. V. Dobrodumov, A. L. Mikhrina, A. M. Ischenko, *Int. J. Nanomedicine* 9 (2014) 273–287.

[4] S. H. Hussein-Al-Ali, M. Z. Hussein, S. Bullo, P. Arulseivan, *Int. J. Nanomedicine* 16 (2021) 6205–6216.

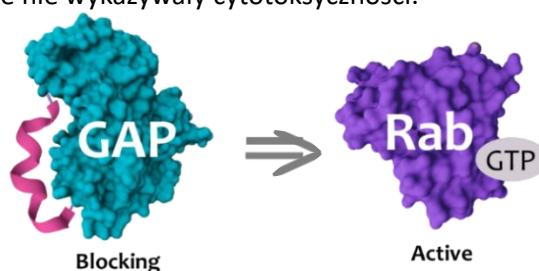
AKTYWACJA BIAŁKA HELIKALNYMI PEPTYDAMI: NOWE PODEJŚCIE W SELEKTYWNEJ KONTROLI BIAŁEK RAB

Dominika Rubiak

Promotor: dr hab. inż. Katarzyna Błażewska

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-537 Łódź*

Rab GTPazy są kluczowymi regulatorami transportu błonowego i homeostazy komórkowej, jednak ich selektywna regulacja pozostaje dużym wyzwaniem. Wiodąca strategia polega na hamowaniu Rab-geranylgeranylotransferazy (GGTase II), enzymu odpowiedzialnego za modyfikację niezbędną do prawidłowego funkcjonowania białek Rab. Koncepcja ta jest z natury nieselektywna i może oddziaływać na wiele Rabów (ponad 60 u ssaków), co zwiększa ryzyko zaburzeń szlaków transportu i toksyczności [1]. Alternatywnie stosuje się peptydowe modulatory zakłócające interakcje Rab–efektor. Strategia ta zapewnia selektywność białkową, lecz w praktyce również prowadzi do obniżenia sygnalizacji Rab [2]. Jednak w kontekstach chorobowych, w których obserwuje się spadek aktywności Rab (m.in. w cukrzycy typu 2 (T2D)) [3], potrzebne jest podejście odwrotne – selektywna aktywacja określonej Rab GTPazy. W niniejszej pracy zaprojektowano peptydy ukierunkowane na białka Rab w celu zwiększenia ich aktywności poprzez zaburzenie procesu ich dezaktywacji. Postawiono hipotezę, że osłabienie interakcji Rab z dezaktywującym białkiem GAP (przyspieszającym hydrolizę GTP) może wydłużyć czas trwania stanu aktywnego Rab-GTP. Na podstawie danych krystalograficznych kompleksu Rab–GAP zaprojektowano helikalne peptydomimetyki pochodzące z Rab1, a następnie otrzymano je metodą Fmoc-SPPS. Ze względu na potrzebę zachowania natywnego α -helikalnego charakteru powierzchni oddziaływania białko-białko zastosowano metodę „zszywania” ($i,i+4$ lub $i,i+7$). W tym celu wykorzystano reakcję metatezy. Równolegle otrzymano peptydy ukierunkowane na Rab5, którego obniżona aktywność związana jest z T2D. Wstępne badania biologiczne pozwoliły na identyfikację obiecujących struktur, które nie wykazywały cytotoksyczności.



Rysunek 1. Strategia aktywacji Białka Rab przez peptyd

*Praca sfinansowana w ramach projektu PRELUDIUM BIS 3 grant (2021/43/O/ST4/016280)
i PRELUDIUM BIS 3 grant (2021/43/O/NZ1/01565)*

- [1] A. Kaźmierczak, D. Kusy, S. P. Niinivehmas, J. Gmach, Ł. Joachimiak, O. T. Pentikäinen, E. Gendaszewska-Darmach, K. M. Błażewska, *J Med Chem* 60 (2017) 8781-8800.
- [2] J. Spiegel, P. M. Cromm, A. Itzen, R.S. Goody, T.N. Grossmann, H. Waldmann, *Angew. Chem. Int. Ed.* 53 (2014) 2498-2503.
- [3] E. Gendaszewska-Darmach, M. A. Garstka, K. M. Błażewska, *J Med Chem* 64 (2021) 9677-9710.

SYNTEZA MECHANOCHEMICZNA CZY SYNTEZA ROZPUSZCZALNIKOWA? WIELOPOSTACIOWOŚĆ FORM STAŁYCH

Patrycja Miara^{1,2}

Promotor: **prof. dr hab. Piotr Bałczewski**¹

Promotor pomocniczy: **dr Marika Turek**³

¹*Division of Organic Chemistry, Centre of Molecular and Macromolecular Studies,
Polish Academy of Sciences, Sienkiewicza 112, Łódź, 90-363, Poland*

²*The Bio-Med-Chem Doctoral School of the University of Łódź and Łódź Institutes
of the Polish Academy of Sciences, University of Łódź, 21/23 Matejki Street, 90-237 Łódź, Poland*

³*Institute of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Jan Długosz University in Częstochowa,
Armii Krajowej 13/15, Częstochowa, 42-201, Poland*

Jedną ze strategii stosowanych w celu poprawy rozpuszczalności i bio-dostępności substancji czynnych o ograniczonej rozpuszczalności w wodzie jest synteza ko-krystalicznych lub ko-amorficznych układów wieloskładnikowych. W przedstawionych badaniach, użyto telmisartan (TEL), który jest lekiem stosowanym w leczeniu nadciśnienia tętniczego o bardzo słabej rozpuszczalności w wodzie i biodostępności po podaniu doustnym. Jako ko-formery użyto salicylowy (SA) oraz acetylosalicylowy (ASA), które są związkami z grupy salicylanów wspomagających leczenie chorób układu sercowo-naczyniowego. Wykazano, że połączenie TEL z SA lub TEL z ASA prowadzi do powstania tylko produktu ko-krystalicznego przy zastosowaniu metody odparowania rozpuszczalnika lub tylko produktu ko-amorficznego przy zastosowaniu metody mechanochemicznej. Otrzymane formułacje farmaceutyczne zostały scharakteryzowane przy użyciu analiz XRPD, DSC, FT-IR. Udowodniono poprawę właściwości fizykochemicznych, w tym zwiększoną rozpuszczalność oraz poprawiony profil uwalniania [1].



Schemat 1. Synteza ko-kryształów oraz ko-amorficznych stałych dyspersji TEL z SA i ASA

Praca naukowo-badawcza była finansowana ze środków projektu NCN Preludium nr UMO-2019/33/N/ST5/01602 pt. „Ko-kryształizacja i ko-amorfizacja antagonistów receptora angiotensyny II prowadząca do lepiej rozpuszczalnych związków o dwufunkcyjnym działaniu” oraz ze środków Szkoły Doktorskiej BioMedChem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi

[1] M. Turek, P. Bałczewski, P. Miara, E. Różycka-Sokołowska, A. Michalik, K. Owsianik, „Ko-krystaliczne i ko-amorficzne formy stałe telmisartanu z wybranymi ko-formerami, sposoby ich wytwarzania oraz zastosowanie w kompozycjach farmaceutycznych”, Zgłoszenie patentowe P.455699, 11.05.2026.

AEROŻELE JAKO INNOWACYJNE NOŚNIKI LEKÓW

Dawid Szymborski

Promotor: **prof. dr hab. inż. Krzysztof Strzelec**

Promotor pomocniczy: **dr hab. inż. Radosław Wach, prof. PŁ**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Aerożele stanowią obiecującą grupę materiałów porowatych, które dzięki swojej biokompatybilności, dużej powierzchni właściwej oraz wysoce rozwiniętej strukturze porowatej mogą znaleźć zastosowanie w systemach dostarczania leków oraz inżynierii biomedycznej. Niniejsza prezentacja posterowa przedstawia wstępne podejście do wykorzystania aerożeli jako narzędzi do dostarczania leków wykonanych z hydrożeli pektynowych oraz kompozytowych hydrożeli polisacharydowych jako prekursorów aerożeli. Zaproponowano metodę syntezy aerożeli wraz z lekami w postaci witaminy B12 jako związku modelowego. Uzyskane systemy dostarczania leków cechują się powierzchnią właściwą sięgającą 600 m²/g. Wysoce rozwinięta powierzchnia właściwa pozwala na szybkie dostarczenie substancji aktywnych co potwierdzono badaniami profili uwalniania.

BENZIMIDAZOŁOWE ZWIĄZKI KOORDYNACYJNE MIEDZI – SYNTEZA I POTENCJAŁ ANTYNOWOTWOROWY

Ewelina Fornal

Promotor: **dr hab. inż. Agnieszka Czyłkowska**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Anita Raducka**

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

*Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Politechnika Łódzka,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Polska*

Benzimidazol to wielopierścieniowy związek heterocykliczny o wzorze sumarycznym C₇H₆N₂, zajmujący szczególne miejsce wśród ligandów heterocyklicznych stosowanych w chemii koordynacyjnej. Jego pochodne znane są z szerokiego spektrum właściwości biologicznych dlatego też znalazły zastosowanie w chemii, farmacji i medycynie [1, 2]. Związki koordynacyjne metali bloku d z pochodnymi benzimidazolu stanowią obecnie obiekt intensywnych badań naukowych [3, 4].

Celem prezentowanych badań było otrzymanie aktywnego biologicznie związku miedzi(II) z benzimidazolem w postaci umożliwiającej wbudowanie jego aktywnej części w matrycę o potencjalnej funkcji nośnika leków. W wyniku przeprowadzonych syntez otrzymano dwa kompleksy miedzi(II) wykazujące silną aktywność przeciwnowotworową wobec komórek glejaka wielopostaciowego (linia LN229), przy jednoczesnej niskiej cytotoksyczności względem prawidłowych fibroblastów. Dalsze etapy prac wykazały, że jedno z otrzymanych połączeń spełnia założone kryteria i odpowiednio wbudowuje się w strukturę nośnika będącego odpowiedzialnym za dostarczanie leku do ludzkiego organizmu.

Chciałabym serdecznie podziękować dr hab. n. med. i n. o zdr. Agnieszce Kordze-Plewko oraz dr n. med. Magdalenie Iwan za wykonanie badań biologicznych.

- [1] F. F. Hagar, S. H. Abbas, E. Atef, D. Abdelhamid, M. Abdel-Aziz, Mol. Divers 29 (2025) 1821–1849.
- [2] H. E. Hashem, Y. El Bakri, Arab. J. Chem. 14 (2021) 103418.
- [3] A. Saha, A. Debnath, M. Chettri, R. K. Mahato, D. Das, D. Sarkar, R. Chaurasia, S. Bhattacharyya, M. Mukherjee, B. Biswas, ACS Omega 10 (2025) 34399–34413.
- [4] V.-T. Nguyen, T.-K.-C. Huynh, G.-T.-T. Ho, T.-H.-A. Nguyen, T. L. A. Nguyen, D. Q. Dao, T. V. T. Mai, L. K. Huynh, T.-K.-D. Hoang, R. Soc. Open Sci. 9 (2022) 220659.

S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych,
Technologia Chemiczna

PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TITANIUM DIOXIDE NANOMATERIALS: INTERPLAY BETWEEN SHAPE, CRYSTAL FACETS AND SILVER MODIFICATIONS

Nasir Shakeel

Supervisor: **prof. dr hab. Ireneusz Piwoński**

*University of Lodz, Faculty of Chemistry, Department of Materials Technology and Chemistry,
Pomorska 163, 90-236 Lodz, Poland*

*University of Lodz, Doctoral School of Exact and Natural Sciences,
Matejki 21/23, 90-237 Lodz, Poland*

Titanium dioxide (TiO₂) is intensively studied as a photocatalyst due to its exceptional chemical stability, non-toxicity, cost-effectiveness, and high photocatalytic properties. The effectiveness of TiO₂ nanostructures (TNSs) can be significantly influenced by their morphology. Diverse morphological variants of TiO₂, such as nanofibers (TNFs), nanorods (TNRs), and nanograss (TNGs), possess unique physical and chemical characteristics that affect their photocatalytic performance. Titanium dioxide (TiO₂) in the forms of nanofibers (TNFs), nanorods (TNRs), and nanograss (TNGs) nanostructures were synthesised. Synthetic methodologies significantly influenced the resultant morphology and phase. The nanomaterials were synthesised at neutral circumstances using ethylene glycol for TNFs, whereas those produced under extremely basic conditions during recrystallisation exhibited the morphology of TNRs. Both materials, TNFs and TNRs, displayed the anatase phase. Conversely, in very acidic circumstances with toluene present, TNGs were generated that crystallised in the rutile phase. The specific exposed planes are directly correlated with the crystal shape. XRD measurements indicated that anatase nanomaterials (TNFs, TNRs) exhibited exposure of the {101} facet, whereas rutile nanomaterials (TNGs 1 and 2) displayed exposure of the {110} facet. Rhodamine B (RhB) dye was chosen as a model chemical to assess the photocatalytic capabilities of both pure and silver-modified TiO₂ nanostructures. The interaction among morphology, the most stable facets, and silver modification significantly influenced the photocatalytic capabilities. Anatase nanomaterials, particularly those with low crystallinity (TNFs), show superior photoactivity for the degradation of rhodamine B (RhB), whereas highly crystalline rutile crystals displayed inadequate photocatalytic performance under both UV and simulated solar light (SSL). Nonetheless, the photoactive performance of most materials could be improved through the alteration of their surfaces with metallic silver and the establishment of a Schottky barrier. The mechanisms of photocatalytic breakdown were elucidated by hole scavengers, hydroxyl radicals, and superoxide anion radicals.

[1] X. Chen, aS. Mao, Chem. Rev. (2007) 2891–2959.

[2] Y. Wang and S. Li, J. Alloys Compd. (2018) 420–437.

[3] C. Damm and G. Israel, Dyes Pigm. (2007) 612–618.

[4] J. Lee, E. You, J. Kim and J. Kim, ACS Biomater. Sci. Eng. (2019) 959–967.

[5] Y. Zhou, L. Liu, T. Wu, G. Yuan, J. Li, Q. Ding, F. Qi, W. Zhu, X. OuYang and Y. Wang, RSC Adv. (2018) 27073–27079.

EPITAKSJALNY WZROST Sb_2O_3 NA HOPG W WARUNKACH ATMOSFERYCZNYCH I UHV

Jagoda Seroka

Promotor: dr hab. Maciej Rogala

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedra Fizyki Ciała Stałego,
ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*

Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych UŁ, ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

Materiały dwuwymiarowe (2D) należą do intensywnie rozwijanych obszarów współczesnej nauki o materiałach ze względu na ich unikalne właściwości i potencjalne zastosowania w nanoelektronice oraz optoelektronice. Coraz większą uwagę poświęca się układom opartym na oddziaływaniach van der Waalsa (vdW), umożliwiającym projektowanie ultracienkich struktur o nowych właściwościach. Tlenek antymonu(III) (Sb_2O_3) będący półprzewodnikiem o szerokiej przerwie energetycznej ($\geq 3,3$ eV), stanowi obiecujący materiał dielektryczny dla struktur dwuwymiarowych [1–3].

W niniejszej pracy zbadano wzrost struktur Sb_2O_3 na powierzchni wysoko uporządkowanego grafitu pirolitycznego (ang. *Highly Oriented Pyrolytic Graphite*, HOPG). Materiał otrzymano z wykorzystaniem fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) w warunkach atmosferycznych oraz wzrostu w środowisku ultrawysokiej próżni (ang. *Ultra High Vacuum*, UHV). Charakterystykę otrzymanych struktur przeprowadzono z użyciem spektroskopii Ramana oraz mikroskopii sił atomowych (ang. Atomic Force Microscopy, AFM).

Uzyskane wyniki pozwoliły określić wpływ warunków wzrostu na właściwości strukturalne i morfologię warstw Sb_2O_3 . Badania te poszerzają wiedzę na temat mechanizmów wzrostu materiałów opartych na oddziaływaniach vdW i wspierają rozwój przyszłych struktur elektronicznych i optoelektronicznych.

Praca sfinansowana w ramach grantu NCN: 2024/55/B/ST11/01717

[1] T. Märkl, *Nanotechnology* 32 (2021) 125701.

[2] Z. Zhang, *Nature Electronics* 9 (2026) 367-378.

[3] H. Ryu, *ACS Nano* 18 (2024) 13098-13105.

SOLID STATE DEFORMATION DRIVEN TRANSITION FROM MICRO TO NANOSTRUCTURE IN HDPE/PP - PAPER COMPOSITES

Merin Rose Kalathiparambil Emmanuel

Supervisor: **Prof. Iurii Vozniak**

Assistant supervisor: **Dr Alina Vozniak**

*Department of chemical sciences, BioMedChem Doctoral School, the University of Lodz and
Lodz Institutes of the Polish Academy of Sciences, 21/23 Matejki Street, 90-237 Lodz, Poland*

*Biomedchem Doctoral School of the University of Lodz and Institutes of the Polish Academy
of Sciences in Łódź*

Hierarchical fibrous networks offer an efficient route to mechanical reinforcement, yet their potential is often lost during processing because changes in length scale inevitably disrupt network topology [1]. Here we demonstrate a solid-state deformation regime that decouples topology from length scale, enabling a transition from microscale, cohesion dominated reinforcement to nanoscale, percolation-controlled reinforcement within intact hierarchical materials. Using polymer–paper composites as a model system, we show that extreme confined shear imposed by high-pressure torsion continuously transforms macroscopic paper sheets into a three-dimensional, percolating cellulose nanofibrillar network through inter-fibre sliding, without fibre isolation or chemical modification. Crucially, the same deformation regime simultaneously restructures the polymer matrix: initially immiscible polymer blends undergo nanoscale homogenisation [2]. Paper-derived fillers are redistributed throughout the composite volume, and residual porosity is suppressed. This coupled evolution converts the polymer matrix from a passive embedding medium into an active, load-bearing phase that stabilises the nanofibrillar network, enhances stress redistribution and limits moisture transport. As a result, pronounced increases in stiffness and yield strength are achieved at paper contents as low as 20–30 wt%, together with strongly reduced moisture sensitivity. These findings identify topology-preserving hierarchy rescaling under extreme solid-state shear as a general physical strategy for activating network-controlled reinforcement in hierarchical materials, providing access to composite performance regimes inaccessible to conventional melt-based processing.

*Funded under the project grant: NCN SONATA : Nature of the physical processes occurring during
ultrahigh plastic (megaplastic) deformation , NR UMO-2023/51/D/ST8/01325 , 02.09.2024-
01.09.2027*

[1] R. Izadi, et al., *Int. J. Eng. Sci.*, 204 (2024) 104136.

[2] I. Vozniak, et al., *Ind. Eng. Chem. Res.* 64 (2025) 7739–7750.

HIGH-PERFORMANCE NANOSTRUCTURED SHAPE-MEMORY POLYMER BLENDS DEVELOPED VIA SOLID-STATE MIXING

Salim-Ramy Merouani

Supervisor: dr hab. Iurii Vozniak

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

Szkoła Doktorska Biomedchem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi

This work examined multiple-shape memory polymers (MSMPs) based on nanoscale homogeneous blends produced by solid-state mixing. It evaluated whether molecular level heterogeneity, together with crystalline domains and interphases, could enable efficient shape-memory behavior without chemical crosslinking. As a result, PBT/PLA and PBT/PETG exhibited high performance ($R_f \approx 95\text{--}96\%$, $R_r \approx 90\text{--}94\%$) with minimal degradation, while ABS/a-PET also improved significantly ($R_f \approx 90\text{--}92\%$, $R_r \approx 82\text{--}84\%$). In contrast, melt-mixed blends showed lower efficiency and poor stability. The results confirmed that crystalline domains act as permanent networks, while interphases enhance mechanical stability [1]. Overall, solid-state mixing was shown to be an effective strategy for designing high-performance shape-memory polymers.

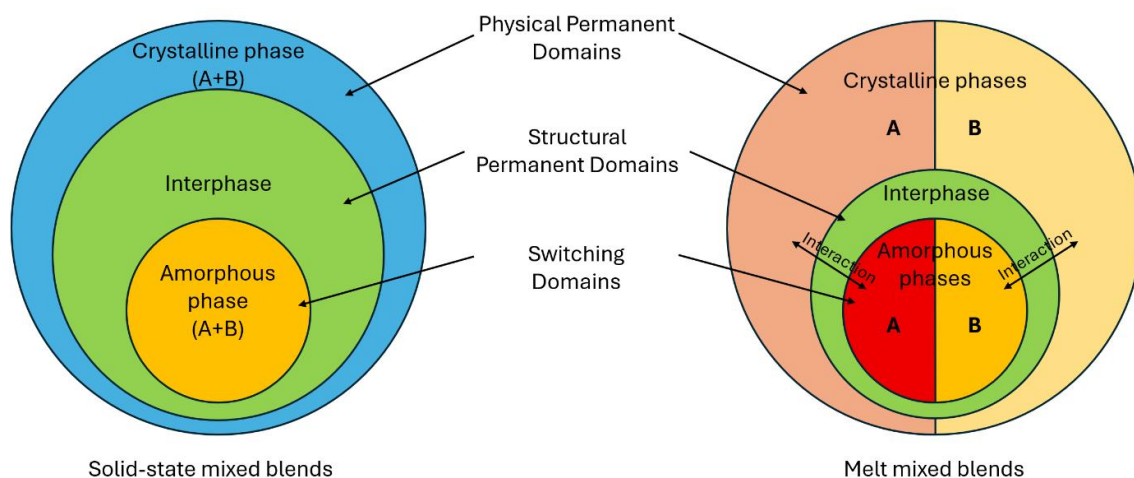


Figure 1. Schematic comparison of melt-mixed and solid-state mixed polymer blend morphologies, illustrating the respective roles of the amorphous phase, crystalline domains, and interphase regions.

*This research was funded in part by National Science Centre (Poland) under the grant
2021/43/B/ST8/01443*

[1] S.-R. Merouani, A. Voznyak, F. Zaïri, I. Vozniak, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* 9 (2026) 374–384.

SHEAR-INDUCED MICROSTRUCTURAL ENGINEERING OF REINFORCED PLA COMPOSITE FOAMS FOR ENHANCED CELLULAR AND THERMO-MECHANICAL PERFORMANCE

Silla George Raju

Supervisor: **prof. dr hab. Andrzej Galeski**

*Centre of Molecular and Macromolecular Studies of Polish Academy of Sciences,
Department of Polymeric Nano-Materials, Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź, Poland*

*BioMedChem Doctoral School of University of Łódź and Łódź Institutes
of the Polish Academy of Sciences, 21/23 Matejki Street, 90-237 Łódź, Poland*

The demand for sustainable, lightweight materials with high mechanical performance has increased interest in cellular foams based on polylactide (PLA) [1]. However, achieving a controlled cellular morphology remains difficult due to limited melt strength and slow crystallization during foaming [2]. This study investigates the influence of filler-induced microstructural evolution and processing conditions in PLA composite foams using halloysite nanoclay (HNC) and polytetrafluoroethylene (PTFE) as functional additives. PLA/HNC and PLA/PTFE foams were fabricated via twin-screw extrusion foaming with azodicarbonamide as a blowing agent. The effect of screw speed (20–120 rpm) on rheology, morphology, crystallization, and compressive properties was analyzed.

In PLA/HNC systems, increasing screw speed improved dispersion through shear-induced deagglomeration, enhancing heterogeneous nucleation. This reduced cell size by ~50–60%, achieving a void fraction of ~20.5% at 60 rpm. In contrast, PLA/PTFE systems showed complete in-situ fibrillation of PTFE, forming a 3D nanofibrillar network (100–500 nm diameter), enhancing density and connectivity with screw speed, without saturation. Rheological results showed PLA/HNC composites had higher $\tan \delta$ and lower viscosity, reflecting reduced melt strength, which promoted cell growth but increased collapse risk. PLA/PTFE composites suppressed $\tan \delta$ and increased viscosity at high shear rates, improving melt strength and strain-hardening behavior, thereby stabilizing the foam structure. Crystallization rates were significantly enhanced in PLA/PTFE, with a >30-fold reduction in half-crystallization time compared to neat PLA at 130°C, far exceeding the ~4-fold improvement in PLA/HNC due to the large nucleation surface of the fibrillar network. PLA/PTFE foams exhibited superior specific yield strength (~68–70 MPa·cm³/g) and toughness (~11 J/g) at 120 rpm, outperforming PLA/HNC foams by ~50% and ~80%, attributed to fibril-mediated reinforcement and strain hardening absent in particulate systems. Overall, the study establishes a clear processing–structure–property relationship and highlights in-situ PTFE fibrillation as an effective strategy to enhance crystallization, morphology, and mechanical performance in PLA foams.

This research was financed by the National Science Centre (Poland) under grant: UMO-2021/41/B/ST8/04036 and in part by UMO- 2023/51/D/ST8/02109

[1] M. Taghavimehr, et al., Polym. Test. 86 (2020) 106469.

[2] L. J. Lee, et al., Compos. Sci. Technol. 65 (2005) 2344–2363.

PROJEKTOWANIE ORAZ OPTIMALIZACJA ODBICIA PROMIENIOWANIA UV PRZEZ POWŁOKI POLIMEROWE STOSOWANE W KAMUFLAŻU IMITUJĄCYM ŚNIEG

Małgorzata Głowczyńska^{1,3}

Supervisor: dr hab. inż. Anna Marzec², prof. PŁ

¹Miranda Spółka z o.o., ul. Jedwabnicza 1, 62-700 Turek

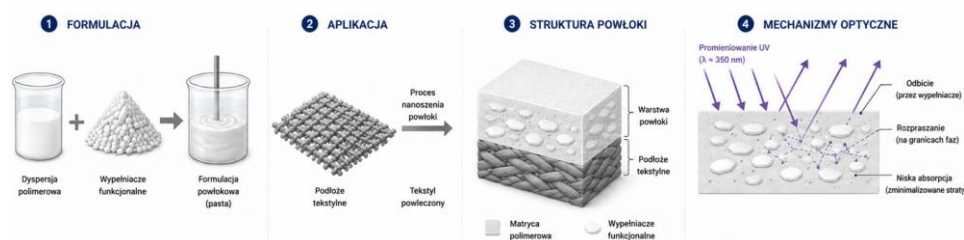
²Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź

³Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Politechnika Łódzka

W niniejszej pracy podjęto badania nad opracowaniem polimerowych powłok funkcjonalnych przeznaczonych do nanoszenia na poliestrowe podłoża tekstylne, spełniających wymagania skutecznego maskowania w zakresie promieniowania UV w warunkach zimowych, w obecności pokrywy śnieżnej.

Współczynnik odbicia promieniowania UV przez śnieg zależy od jego rodzaju oraz mikrostruktury i w zakresie bliskiego ultrafioletu osiąga wartości od 63% do 97% [1]. Wysoka reflektancja wynika z intensywnego rozpraszania promieniowania przez kryształy lodu. Struktura płatków śniegu zmienia się wraz z temperaturą — w niskich temperaturach dominują formy dendrytyczne o rozwiniętej powierzchni właściwej, natomiast podczas topnienia dochodzi do zaokrąglania ziaren lodu, co skutkuje obniżeniem zdolności odbijania promieniowania [2].

W celu uzyskania odpowiednich właściwości optycznych zastosowano wyselekcjonowane napełniacze, takie jak krzemionka, azotek boru, mieszaniny związków glinu i cyrkonu, kapsułkowane związki fosforu oraz politetrafluoroetylen (PTFE). Jako matryce polimerowe wykorzystano wodne żywice akrylowe i poliuretanowe. Opracowane układy powłokowe umożliwiły uzyskanie reflektancji na poziomie $\geq 50\%$ dla długości fali $\lambda = 350$ nm. Powłoki charakteryzowały się również dobrą elastycznością oraz właściwościami hydrofobowymi.



Rysunek 1. Projekt i budowa powłok odbijających promieniowanie UV na materiałach tekstylnych

Praca finansowana w ramach projektu:

VI edycja programu Ministra Edukacji i Nauki pn. "Doktorat Wdrożeniowy"

[1] D. H. Sliney, Investigative Ophthalmology & Visual Science 27 (1986) 781–790.

[2] H.-R. Hannula, J. Pulliainen, Journal of Glaciology 65 (2019) 926–939.

DESIGN, SCALABLE SYNTHESIS, AND CHARACTERIZATION OF POLY(OLIGOURETHANE METHACRYLATE)S BOTTLEBRUSHES WITH DISCRETE, SEQUENCE-DEFINED, AND STEREOCONTROLLED SIDE-CHAINS

Jan Rutkowski

Supervisor: prof. dr hab. Joanna Pietrasik

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Control over polymer's mass, sequence and stereochemistry has emerged as a popular mean to enhance the functionality of materials. The parameters of the structure govern both properties like glass transition temperature and more sophisticated functions (e.g., catalytic properties of proteins stem from their unique spatial conformation) [1, 2]. Conventional polymerizations often yield products of broad dispersity thereby limiting the precise control over their properties. To fill that research gap the strategy for the fabrication of poly(oligourethane methacrylate)s with sequence defined side chains was presented. The materials, obtained through the means of radical polymerization, represent a novel class of precision-engineered bottlebrush polymers (Figure 1). The use of scalable, solution-phase multistep synthesis in a one-pot method allowed for the efficient production of oligourethane macromonomers with tunable sequence and stereochemistry [3]. Obtained materials were subsequently examined to elucidate the relationship between the stereoconfiguration of side chains and the properties of polymer.

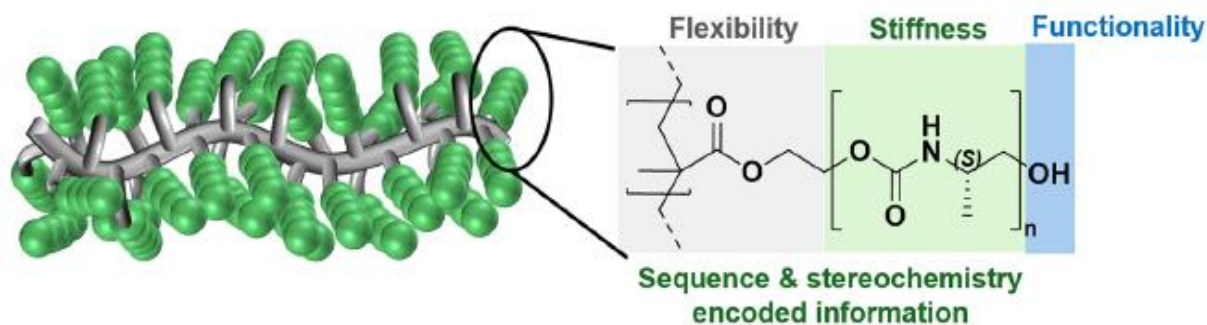


Figure 1. Design of poly(oligourethane methacrylate) bottlebrushes featuring discrete, sequence-defined, and stereocontrolled side chains

*Praca sfinansowana w ramach projektów: Narodowego Centrum Nauki (OPUS LAP
No 2021/43/I/ST4/01294) oraz Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych (no. 101116700),
PI: dr hab. Róża Szweda, professor UAM*

- [1] R. Szweda, Progress in Polymer Science 145 (2023) 101737.
- [2] J. Van Hoorde et.al, Macromolecules 59 (2026) 2011–2018.
- [3] A. Sharma et al. European Polymer Journal 236 (2025) 114120.

SZCZOTKI POLIMEROWE JAKO SUBSTYTUTY SZTUCZNEJ ŚLINY

Martyna Pędzik

Promotor: **dr hab. inż. Magdalena Lipińska**

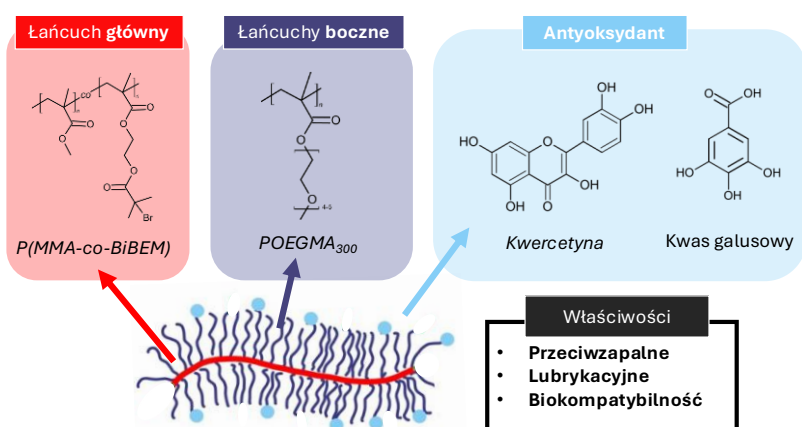
Drugi promotor: **prof. Xavier Banquy**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska PŁ

Kserostomia, czyli przewlekła suchość jamy ustnej, jest powszechnie występującym schorzeniem, dotykającym głównie osoby starsze oraz poddawane radioterapii. Ze względu na ciągłą suchość oraz przewlekły stan zapalny, pacjenci zmagają się z trudnościami z przełykaniem i mową, co znacząco pogarsza ich komfort życia. Pomimo wysokiej częstości występowania i powodowanego dyskomfortu, w celu złagodzenia objawów stosuje się miejscowe substancje nawilżające. Niestety, obecnie dostępne formy sztucznej śliny zapewniają tylko krótkotrwałą ulgę [1]. Deficyt materiałów o długotrwałym działaniu lubrykacyjnym, łagodzących symptomy kserostomii stanowi istotną lukę badawczą, której wypełnienie umożliwiłoby poprawę komfortu życia wielu ludzi.

Obiecującym kandydatem są szczotki polimerowe, czyli makrocząsteczki o nieliniowej strukturze, składające się z łańcucha głównego i gęsto zaszczerpionych łańcuchów bocznych. Ich unikalna struktura, skutkuje świetnymi właściwościami lubrykacyjnymi. Tworząc na powierzchniach jamy ustnej uwodnioną warstwę smarującą, szczotki polimerowe mogą pomóc przywrócić jej nawilżenie i zmniejszyć dyskomfort związany z tarcieniem [2]. Ponadto, ich łatwa modyfikacja umożliwia wytworzenie cząsteczek o podwójnej funkcyjności - lubrykacja i działanie przeciwzapalne – poprzez wprowadzenie antyoksydantów w strukturę łańcuchów bocznych, co jest szczególnie istotne podczas leczenia kserostomii.



Rysunek 1. Szczotki molekularne o działaniu lubrykacyjnym i przeciwzapalnym

[1] D. Muszyński i wsp., *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 15 (2025) 1484951.

[2] G. Charmi i wsp., *Polym. Chem.* 14 (33) (2023) 3827–3833.

KOMPOZYTY Z RECYKLINGU W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM: POLIPROPYLEN WZMOCNIONY WŁÓKNAMI LIGNOCELULOZOWYMI I BIEWĘGLEM

mgr inż. Wiktor Wyderkiewicz

Promotor: **dr hab. Marcin Maśłowski, prof. PŁ**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Justyna Miedzianowska-Maśłowska**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Postępujące wdrażanie gospodarki o obiegu zamkniętym stawia przed przemysłem tworzyw sztucznych konieczność lepszego wykorzystania pokonsumenckich i poprzemysłowych strumieni odpadowych. Choć dostępność recyklatów polimerowych systematycznie rośnie, wciąż stanowią one ograniczoną część rynku, co jest jasnym sygnałem do rozwoju nowych, wysokoefektywnych zastosowań materiałów pochodzących z recyklingu [1, 2]. W przedstawionych badaniach zaproponowano wykorzystanie odpadowych opakowań z polipropylenu (PP) do wytwarzania kompozytów wzmacnianych włóknami lignocelulozowymi oraz biowęglem otrzymanym w procesie pirolizy tej samej biomasy. Recyklat PP najpierw rozdrobniono, a następnie wyłoczono z dodatkiem włókien lignocelulozowych lub biowęgla, z tak otrzymanych materiałów, metodą formowania wtryskowego przygotowano próbki do badań [2]. Kompozyty poddano szerokiej charakterystyce obejmującej badania mechaniczne (rozciąganie, zginanie, udarność), analizę termiczną (DSC, TGA), pomiary reologiczne w stanie stopionym oraz ocenę właściwości powierzchniowych, co pozwoliło określić wpływ rodzaju i zawartości napełniaczy na zachowanie materiału. Dodatkowo przeanalizowano morfologię kompozytów oraz różnice strukturalne pomiędzy włóknami lignocelulozowymi a powstającym z nich biowęglem z wykorzystaniem techniki mikroskopowej. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość zastępowania tradycyjnych napełniaczy mineralnych i syntetycznych niskoemisyjnymi, biopochodnymi dodatkami wytwarzanymi z nagromadzonej biomasy lignocelulozowej, zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym. Otrzymane wyniki wskazują, że kompozyty PP z włóknami lignocelulozowymi i biowęglem mają realny potencjał zastosowania jako zrównoważone materiały konstrukcyjne, m.in. w obszarze opakowań i elementów technicznych.

*Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” realizowanego na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej
(nr grantu: W-3D/FU2N/15/2026/G)*

- [1] W. Wyderkiewicz, R. Gogolewski, J. Miedzianowska-Maśłowska, K. Szustakiewicz, M. Maśłowski, *Polymers* 17 (2025). <https://doi.org/10.3390/polym17172368>
- [2] W. Wyderkiewicz, J. Miedzianowska-Maśłowska, A. Sowińska-Baranowska, M. Maśłowski, *Materials* 19 (2026). <https://doi.org/10.3390/ma19101942>

DZIANINY AŻUROWE JAKO ELASTYCZNE NOŚNIKI DLA KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH Z WYPEŁNIACZAMI WĘGLOWYMI DO EKRANOWANIA PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Dorota Latańska-Wulw

Promotor: **dr hab. inż. Anna Marzec, Profesor uczelni**

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

Politechnika Łódzka Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska PŁ

W pracy przedstawiono opracowanie lekkich i elastycznych materiałów kompozytowych przeznaczonych do tłumienia promieniowania elektromagnetycznego w zakresie fal radarowych. Materiały otrzymano na bazie komercyjnie dostępnych wodorozcieńczalnych polimerów modyfikowanych przewodzącymi wypełniaczami węglowymi, takimi jak grafen, grafit oraz nanorurki węglowe. Przygotowane układy miały postać past, które nanoszono na dzianiny o ażurowej strukturze, pełniące funkcję lekkiego i elastycznego podłoża tekstylnego. Zastosowanie nanowęglowych dodatków przewodzących umożliwiło uzyskanie materiałów wykazujących właściwości tłumienia fal elektromagnetycznych przy zachowaniu niewielkiej masy oraz wysokiej elastyczności mechanicznej. Badano wpływ rodzaju i zawartości wypełniaczy na właściwości elektryczne oraz zdolność ekranowania i absorpcji promieniowania elektromagnetycznego. Opracowane materiały mogą znaleźć zastosowanie jako nowoczesne układy maskujące i ochronne w technologiach militarnych oraz w systemach ograniczających emisję i propagację sygnałów radarowych.

Uzyskane wyniki wskazują, że połączenie wodorozcieńczalnych matryc polimerowych z przewodzącymi nanostrukturami węglowymi stanowi obiecujące rozwiązanie do wytwarzania lekkich, elastycznych i funkcjonalnych materiałów tekstylnych o właściwościach radarowo-absorpcyjnych [1, 2].



Schemat 1. Lekkie elastyczne materiały ekranujące (EMI), na bazie związków węgla - grafen, grafit, CNT

[1] J. Yin, W. Ma, Z. Gao, X. Lei, C. Jia, *Polymers* 14(3) (2022) 377.

[2] A. Aytaç, H. İpek, K. Aztekin, B. Çanakçı, *Scientific Journal of the Military University of Land Forces* 198 (4) (2020) 931–946.

WPŁYW RECYKLINGU I STARZENIA NA STABILNOŚĆ POLI(KWASU MLEKOWEGO) MODYFIKOWANEGO BIODODATKAMI

Mateusz Pęsko

Promotor: **prof. dr hab. inż. Anna Masek**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej, ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź

Mechaniczny recykling poli(kwasu mlekowego) (PLA) jest ograniczany przez jednoczesny przebieg procesów hydrolizy reszt estrowych, transestryfikacji oraz termooksydacyjnego rozrywania łańcuchów makrocząsteczkowych, które prowadzą do obniżenia masy molowej, zmian krystaliczności i zmniejszania lepkości stopu [1, 2]. W niniejszej pracy oceniono wpływ biododatków o odmiennej budowie chemicznej: celulozy jako fazy polisacharydowej oraz związków polifenolowych pochodzenia roślinnego, na stabilność strukturalną PLA poddanego starzeniu klimatycznemu i wielokrotnemu przetwórstwu mechanicznemu. Układy otrzymano metodą przetwórstwa w stanie stopionym, a następnie analizowano po kolejnych cyklach recyklingu 1x-5x. Celem badań było określenie, czy obecność grup hydroksylowych, ugrupowań aromatycznych i struktur zdolnych do zmiatania rodników może ograniczać akumulację defektów oksydacyjnych w matrycy poliestrowej lub przeciwnie, inicjować degradację na granicy faz PLA/dodatek. Zmiany chemiczne śledzono metodą ATR-FTIR na podstawie ewolucji pasm C=O, C-O-C i O-H oraz indeksu karbonylowego, natomiast stabilność termiczną i termooksydacyjną oceniano z wykorzystaniem TGA/DTG oraz DSC-OIT. Charakter reologiczny stopu, właściwości mechaniczne i parametry powierzchniowe zastosowano jako deskryptory retencji właściwości użytkowych po recyklingu. Otrzymane wyniki wskazują, że skuteczność biododatku nie zależy wyłącznie od jego aktywności antyoksydacyjnej, lecz od bilansu między oddziaływaniami międzyfazowymi, dyspersją w osnowie PLA oraz podatnością składnika naturalnego na utlenianie podczas kolejnych cykli ciepło-ścinających. Takie ujęcie pozwala powiązać molekularne markery degradacji z makroskopową trwałością materiału i wskazać krytyczne parametry projektowania recyklowalnych biokompozytów PLA [3].



Rysunek 1. Schemat zależności pomiędzy modyfikacją PLA biododatkami, starzeniem, recyklingiem mechanicznym i analizą retencji właściwości

Praca wykonana w ramach rozprawy doktorskiej realizowanej w Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej Politechniki Łódzkiej

- [1] R. Auras, L.-T. Lim, S.E.M. Selke, H. Tsuji, Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications, Wiley, Hoboken, 2010.
- [2] J.D. Badia, A. Ribes-Greus, Eur. Polym. J. 84 (2016) 22–39.
- [3] A. Soroudi, I. Jakubowicz, Eur. Polym. J. 49 (2013) 2839–2858.

WPŁYW SIECI PIERWOTNEJ NA TOPOLOGIĘ SIECI WTÓRNEJ W HYDROŻELACH O PODWÓJNEJ SIECI

mgr inż. Zofia Kornatowska

Promotor: **prof. dr hab. inż. Joanna Pietrasik**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Politechnika Łódzka

Hydrożele o strukturze wzajemnie przenikających się sieci polimerowych (ang. interpenetrating polymer networks, IPN) stanowią obiecującą grupę materiałów funkcjonalnych ze względu na możliwość precyzyjnego kształtowania ich właściwości mechanicznych, transportowych i termicznych. Charakterystyczną cechą układów IPN jest współistnienie dwóch fizycznie splecionych, lecz chemicznie niezależnych sieci polimerowych, co umożliwia uzyskanie materiałów o zwiększonej wytrzymałości, odporności na deformację oraz kontrolowanej zdolności pęcznienia [1–3]. Dotychczasowe badania nad hydrożelami IPN koncentrowały się przede wszystkim na modyfikacji ich właściwości mechanicznych poprzez zmianę składu chemicznego oraz stopnia usieciowania. Nadal jednak niewiele uwagi poświęcono wpływowi topologii sieci pierwotnej na sposób formowania i organizację przestrzenną sieci wtórnej. Zagadnienie to pozostaje w dużej mierze niewyjaśnione, mimo że jego poznanie może mieć istotne znaczenie dla projektowania nowoczesnych materiałów funkcjonalnych.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu mechanizmu polimeryzacji zastosowanego do syntezy sieci pierwotnej na rozwój struktury oraz właściwości hydrożeli IPN. Hydrożele otrzymano z wykorzystaniem metakrylanu oligo(glikolu etylenowego) (OEGMA) jako monomeru oraz dimetakrylanu glikolu etylenowego (EGDMA) jako środka sieciującego. Zastosowano dwa odmienne mechanizmy polimeryzacji: klasyczną polimeryzację wolnorodnikową (FRP) oraz polimeryzację rodnikową z przeniesieniem atomu z układem inicjatorów do ciągłej regeneracji aktywatorów (ICAR ATRP). Opracowano cztery układy IPN różniące się sekwencją zastosowanych metod: FRP/FRP, ICAR/ICAR, FRP/ICAR oraz ICAR/FRP, gdzie pierwszy człon oznacza sposób otrzymania sieci pierwotnej, a drugi - wtórnej. Właściwości otrzymanych materiałów oceniono na podstawie badań reologicznych, pomiarów pęcznienia równowagowego oraz obserwacji morfologii z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM).

Uzyskane wyniki poszerzają aktualną wiedzę dotyczącą zależności pomiędzy topologią sieci polimerowych a właściwościami hydrożeli typu IPN, wskazując jednocześnie kierunki projektowania materiałów o kontrolowanej architekturze i pożądanym parametrach użytkowych. Szczególne znaczenie tych badań dotyczy potencjalnych zastosowań biomedycznych, w których precyzyjne kształtowanie struktury sieci polimerowej odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu funkcjonalności i bezpieczeństwa materiału.

[1] C. Cona, K. Bailey, E. Barker, *Polymers* 16 (2024) 2050.

[2] J. P. Gong, *Soft Matter* 6 (2010) 2583–2590.

[3] F. Shahi, et al., *Polym. Adv. Technol.* 36 (2025) e70099.

DRUKOWANA WARSTWA TRANSPORTU ELEKTRONÓW W UKŁADACH QLED

Marta Krencjasz

Promotor: **dr hab. inż. Beata Łuszczńska, prof. PŁ**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Adam Łuczak**

**Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej,
ul. Stefana Żeromskiego 114, 90-543 Łódź**

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Diody elektroluminescencyjne oparte na kropkach kwantowych (QLED) stanowią perspektywiczną technologię dla nowej generacji wyświetlaczy i źródeł światła. Wyróżniają się wysoką czystością barw, związaną z wąskimi pasmami emisji, oraz możliwością precyzyjnej kontroli widma emitowanego promieniowania [1]. Sprawność oraz stabilność urządzeń w znacznym stopniu zależą od warunków procesu technologicznego i jakości wytwarzanych warstw funkcjonalnych [2]. W ostatnich latach metoda druku atramentowego zyskała istotne znaczenie w obszarze optoelektroniki, ze względu na możliwość precyzyjnego, bezkontaktowego osadzania materiałów funkcjonalnych w warunkach niskotemperaturowych. Szczególną uwagę przykłada się do projektowania i wytwarzania struktur o precyzyjnie kontrolowanych właściwościach w skali nanometrycznej.

Niniejsze badania wykazały, że kształt powierzchni emitującej w układach QLED o odwróconej konfiguracji, może być definiowany poprzez drukowanie warstwy transportu elektronów (ETL). Umożliwiło to wytworzenie i charakteryzację struktur o zdefiniowanych geometrycznie wzorach emisji światła. Jako materiał ETL wybrano tlenek cynku domieszkowany aluminium (AZO). Domieszkowanie aluminium zwiększa koncentrację nośników ładunku, znacząco poprawiając przewodnictwo elektryczne, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego ułożenia poziomów energetycznych względem kropek kwantowych. Prace badawcze obejmowały zarówno zagadnienia materiałowe, jak i technologiczne.

Praca sfinansowana w ramach projektu: NCBR POLBER/5/63/PrintedQDD/2022 - Nowe metody strukturyzowania drukowanych diod elektroluminescencyjnych typu QD-LED do zastosowań w tablicach świetlnych

[1] M. K. Choi, J. Yang, T. Hyeon, D.-H. Kim, npj Flex. Electron. 2 (2018) 10.

[2] X.-Y. Zeng, Y.-Q. Tang, X.-Y. Cai, J.-X. Tang, Y.-Q. Li, Mater. Chem. Front. 7 (2023) 1166–1196.

DEFEKTY POWIERZCHNIOWE W PROCESIE WYTŁACZANIA POLIMERÓW TERMOPLASTYCZNYCH DLA PŁASZCZY KABLI ŚWIATŁOWODOWYCH: MECHANIZM I METODY REDUKCJI SKALI TEGO ZJAWISKA

mgr inż. Nina Bojanowska

Promotor: **prof. dr hab. inż. Marcin Kozanecki**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska – Politechnika Łódzka

Defekty powierzchniowe występujące w procesie wytłaczania polimerów, takie jak niestabilności powierzchni czy zjawisko tzw. „skóry rekina”, stanowią istotne wyzwanie w przetwórstwie materiałów termoplastycznych stosowanych w produkcji kabli światłowodowych. Zjawiska te negatywnie wpływają na jakość produktów oraz ograniczają możliwe do osiągnięcia prędkości przetwarzania. Pomimo wieloletnich badań mechanizmy ich powstawania nie są w pełni poznane, szczególnie w warunkach przemysłowych [1].

Zjawisko „skóry rekina”, obserwowane jako okresowe deformacje powierzchni i tłumaczone jest m.in. poprzez koncentrację naprężeń przy wyjściu z matrycy, relaksację naprężeń w stopie polimerowym oraz mechanizm przywierania i poślizgu materiału na granicy faz [2]. Brak jednoznacznego modelu opisującego to zjawisko wskazuje na konieczność dalszych badań.

Praca przedstawia wstępny etap realizacji doktoratu wdrożeniowego realizowanego wraz z firmą Corning Optical Communication, którego celem jest określenie zależności pomiędzy właściwościami materiałowymi a skłonnością do powstawania defektów powierzchniowych. Badania obejmują analizę trzech komercyjnych grup polietylenów: LLDPE, MDPE, HDPE w oparciu o parametry takie jak MFI, gęstość oraz właściwości mechaniczne.

Różnice w budowie molekularnej i rozkładzie masy cząsteczkowej badanych materiałów mogą wpływać na właściwości reologiczne i stabilność przepływu, co ma kluczowe znaczenie dla powstawania niestabilności [3]. Plan badań obejmuje charakterystykę materiałów (TGA, DSC, reometria), eksperymenty laboratoryjne oraz walidację wyników w skali przemysłowej.

Oczekiwany rezultat pracy jest pogłębienie wiedzy na temat mechanizmów powstawania niestabilności powierzchniowych w procesie wytłaczania oraz identyfikacja kluczowych parametrów umożliwiających ich kontrolę już na etapie doboru materiału. W ujęciu praktycznym może to przyczynić się do usprawnienia wdrażania nowych materiałów, ograniczenia liczby testów oraz poprawy stabilności procesu.

[1] C. Rauwendaal, Functional Process Analysis. In Polymer Extrusion (5th Edition, Chapter 7), 2013.

[2] B. Tang, Polymers 13(4299) (2021) 1–15.

[3] E. Miller, Rheol Acta 44 (2004) 160–173.

ZJAWISKO „DIE DROOL” W PROCESIE EKSTRUZJI POLIMERÓW TERMOPLASTYCZNYCH: MECHANIZM ORAZ METODY OGRANICZANIA SKALI TEGO ZJAWISKA

mgr Joanna Wilińska

Promotor: **prof. dr hab. inż. Marcin Kozanecki**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska – Politechnika Łódzka

„Die drool” jest jednym z najbardziej złożonych zjawisk związanych z ekstruzją materiałów polimerowych. Odnosi się do niepożądanego gromadzenia się materiału na wyjściu z głowicy podczas procesu ekstruzji, co może prowadzić do wad produktu końcowego. Zjawisko to jest zależne od wielu czynników materiałowych (lepkość, jednorodność wytłaczanego materiału, adhezja itp.) oraz technologicznych (prędkość ekstruzji, konstrukcja głowicy, kształt wyrobu itp.) [1, 3]. W rezultacie mechanizm „die drool” nadal nie jest w pełni poznany. W ciągu ostatnich 60 lat badań nad tym zjawiskiem postulowano różne przyczyny jego powstawania oraz proponowano odmienne metody jego eliminacji. Zidentyfikowano liczne czynniki wpływające na tworzenie się defektów ekstruzyjnych na wyjściu z głowicy, jednak matematyczne opisy ich powstawania są niepełne, koncentrują się na pojedynczych czynnikach i nie pozwalają na satysfakcjonujący ilościowy opis zjawisk prowadzących do tego efektu. Dodatkowo mają one ograniczony zakres zastosowania wyłącznie do nienapełnionych homopolimerów, co z punktu widzenia produkcyjnego jest najczęściej niepraktyczne ze względu na złożone składy nowoczesnych materiałów polimerowych zawierających środki uniepalniające, plastyfikatory, pigmenty i wiele innych składników, często w znacznych ilościach [2]. Pełne zrozumienie zjawiska „die drool” jest istotne nie tylko z technologicznego, ale również poznawczego punktu widzenia, ponieważ umożliwi bardziej świadome projektowanie narzędzi ekstruzyjnych oraz samego procesu ekstruzji. Obecnie większość wyrobów z tworzyw sztucznych zawiera wieloskładnikowe, niejednorodne materiały o różnej skali heterogeniczności. Ich przetwarzanie wymaga dogłębnej wiedzy z zakresu separacji faz, adhezji, reologii, dyfuzji, relaksacji naprężeń, przemian fazowych, stabilności termomechaniczno-chemicznej itp. Niniejsze badania koncentrują się na wieloskładnikowych, silnie napełnionych układach heterogenicznych stosowanych w produkcji kabli światłowodowych, w których zjawisko „die drool” jest szczególnie wyraźne. Przedstawione wyniki obejmują analizę wpływu formulacji materiałowej, parametrów przetwórczych oraz konstrukcji narzędzia na intensywność powstawania osadu podczas ekstruzji. Uzyskane obserwacje wskazują, że zarówno skład materiału, jak i warunki procesu oraz geometria układu mają istotny wpływ na skalę tego zjawiska.

[1] K. Chaloupkova, M. Zatloukal, *Polymer Engineering & Science* 47(6) (2007) 871–881.

[2] G. S. Hoy, J. Smith, K. Lee, *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 55(3) (2016) 242–256.

[3] A. Schmalzer, J. Giacomini, *Journal of Polymer Engineering* 33(1) (2013) 1–18.

KATALIZATORY HETEROGENICZNE NA BAZIE TLENKÓW ALKALICZNYCH I TLENKÓW METALI ZIEM RZADKICH PRZEZNACZONE DO TRANSESTRYFIKACJI OLEJÓW ROŚLINNYCH W CELU PRODUKCJI BIODIESLA

Daria Marcelina Dendek

Promotor: **prof. dr hab. inż. Tomasz Maniecki**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Mateusz Zakrzewski**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Proces transestryfikacji jest jedną z podstawowych metod produkcji biopaliw i polega na reakcji trójglicerydów z alkoholem, najczęściej metanolem, prowadzącej do otrzymania biodiesla oraz glicerolu jako produktu ubocznego. W pracy skupiono się na katalizatorach o właściwościach superzasadowych, które mogą zwiększać wydajność i stabilność procesu. Katalizatory heterogeniczne stanowią korzystną alternatywę dla układów homogenicznych, takich jak NaOH i KOH, ze względu na łatwiejszą separację produktów i ograniczenie ilości odpadów [1].

Celem badań było określenie wpływu superzasadowości katalizatorów opartych na pucolanach na przebieg transestryfikacji oraz opracowanie trwałych i aktywnych układów do zastosowań w produkcji biopaliw. Założono, że skład chemiczny i struktura katalizatorów wpływają na konwersję surowców oraz na jakość otrzymanego biodiesla, w tym na liczbę cetanową [2].

W badaniach wykorzystano katalizatory zawierające tlenek wapnia (CaO), tlenek glinu (Al₂O₃) oraz tlenek lantanu (La₂O₃) [3]. Analizy przeprowadzono z użyciem metod TPD-CO₂, XRD oraz chromatografii HPLC, oceniając wpływ składu katalizatorów na efektywność procesu.

Wyniki potwierdziły występowanie superzasadowości oraz istotny wpływ składu chemicznego na aktywność katalityczną. Najlepsze rezultaty uzyskano dla układów zawierających lantan i glin, które zapewniły wysoką konwersję i dobrą jakość biodiesla. Wykazano również, że obecność struktur superzasadowych nie zawsze oznacza wysoką aktywność katalityczną, co potwierdzono na przykładzie katalizatora CaO/Al₂O₃.

Uzyskane wyniki pozwoliły wskazać optymalne proporcje składników katalizatorów zwiększające wydajność i stabilność procesu oraz mogą przyczynić się do rozwoju bardziej ekologicznych technologii produkcji biopaliw.

[1] L. C. Meher, D. Vidya Sagar, S. N. Naik, Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification—A Review. Renew.

[2] H. V. Lee, J. C. Juan, Y. H. Taufiq-Yap, Renew. Energy 74 (2015) 124–132.

[3] J.-Y. Park, S.-G. Oh, U. Paik, S.-K. Moon, Mater. Lett. 56 (2002) 429–434.

BIOAKTYWNE MATERIAŁY OPAKOWANIOWE

Kamila Rułka

Promotor: **prof. dr hab. inż. Anna Masek**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Małgorzata Latos-Brózio**

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Chitozan, otrzymywany w procesie deacetylacji chityny, stanowi obiecujący biodegradowalny biopolimer o właściwościach filmotwórczych, biokompatybilnych i przeciwdrobnoustrojowych. Budowa tego polisacharydu umożliwia modyfikacje jego właściwości m.in. poprzez wprowadzenie naturalnych związków polifenolowych o silnych właściwościach przeciwutleniających do jego struktury [1, 2]. W pracy przedstawiono wolnorodnikowe szczepienie kwercetyny do chitozanu w celu otrzymania folii o aktywności przeciwutleniającej. Strukturę otrzymanego materiału analizowano metodami FTIR oraz UV–Vis, w celu potwierdzenia reakcji szczepienia. Oceniono również właściwości antyoksydacyjne otrzymanych folii chitozanu i kwercetyny, za pomocą metody ABTS oraz Folin-Ciocalteu. Dodatkowo analiza DLS wskazała na powstawanie większych struktur agregacyjnych po procesie graftowania. Uzyskane wyniki potwierdzają skuteczne szczepienie kwercetyny do chitozanu oraz wskazują na potencjał otrzymanych materiałów jako biodegradowalnych, aktywnych materiałów opakowaniowych o podwyższonych właściwościach przeciwutleniających.

[1] A. Plota-Pietrzak, M. Pęsko, R. Fotiadou, I. V. Pavlidis, A. Masek, *Sustainable Materials and Technologies* 45 (2025) e01543.

[2] X. Liu, F. Xu, H. Yong, D. Chen, C. Tang, J. Kan, Jun Liu, *Food Chemistry: X* 25 (2025) 102200.

EKSTRAKTY ROŚLINNE JAKO NATURALNE MODYFIKATORY WŁAŚCIWOŚCI CELULOZY BAKTERYJNEJ

Dawid Lisowski

Promotor: **prof. dr hab. inż. Anna Masek**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Polimerów i Barwników,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Celuloza bakteryjna jest naturalnym biopolimerem o wysokiej czystości chemicznej, nanowłóknistej strukturze, dużej zdolności do zatrzymywania wody, dobrych właściwościach mechanicznych oraz wysokim potencjale modyfikacyjnym [1, 2]. Ze względu na te cechy stanowi interesującą matrycę do otrzymywania funkcjonalnych materiałów pochodzenia naturalnego [3]. Celem pracy była ocena wpływu wybranych ekstraktów roślinnych na strukturę, właściwości powierzchniowe, cechy optyczne oraz wybrane właściwości użytkowe celulozy bakteryjnej.

W badaniach własnych zastosowano suszoną celulozę bakteryjną jako materiał referencyjny oraz próbki modyfikowane ekstraktami z kopru, borówki, marchwi, buraka i mięty. Modyfikację wykonano w roztworze wodno-etanolowym, a następnie próbki suszono i poddano charakterystyce. Zakres badań obejmował analizę FTIR, pomiary barwy w przestrzeni CIELab, analizę rentgenograficzną XRD, pomiary kąta zwilżania oraz ocenę właściwości mechanicznych.

Analiza FTIR wykazała, że główna struktura celulozy bakteryjnej została zachowana po modyfikacji, jednak zaobserwowano zmiany w charakterystycznych zakresach widmowych, szczególnie w obszarze grup O–H, C–H, C=O. Sugeruje to obecność oddziaływań pomiędzy składnikami ekstraktów roślinnych, a matrycą celulozową, głównie poprzez wiązania wodorowe i adsorpcję związków organicznych. Pomiary zmiany barwy potwierdziły, że wszystkie ekstrakty powodowały widoczną zmianę koloru materiału. Największą całkowitą różnicę barwy uzyskano dla próbki modyfikowanej ekstraktem z borówki, dla której ΔE^*_{ab} wyniosło 66,91, natomiast ekstrakt z buraka również spowodował znaczną zmianę barwy ($\Delta E^*_{ab} = 60,06$) z wyraźnym przesunięciem w kierunku czerwieni.

Wyniki XRD wskazują na obniżenie krystaliczności wszystkich próbek modyfikowanych względem próbki referencyjnej, co może świadczyć o częściowym ograniczeniu uporządkowania strukturalnego celulozy przez składniki ekstraktów roślinnych. Analiza zwilżalności pokazała, że wszystkie materiały pozostały hydrofilowe, chociaż rodzaj zastosowanego ekstraktu wpływał na wartość kąta zwilżania. Najkorzystniejsze właściwości mechaniczne spośród próbek modyfikowanych wykazała próbka z ekstraktem z kopru. Próbka ta charakteryzowała się zarówno większą wytrzymałością jak i większą elastycznością niż próbka referencyjna, co może wynikać z obecności związków fenolowych zdolnych do tworzenia licznych oddziaływań z grupami hydroksylowymi celulozy.

Uzyskane wyniki wskazują, że ekstrakty roślinne mogą pełnić nie tylko funkcję naturalnych barwników, lecz także modyfikatorów właściwości celulozy bakteryjnej. Efekt końcowy zależy jednak silnie od rodzaju zastosowanego ekstraktu, dlatego przy projektowaniu takich materiałów konieczne jest uwzględnienie kompromisu pomiędzy intensywnością zabarwienia a właściwościami mechanicznymi i powierzchniowymi.

[1] S. Gorgieva, J. Trček, *Nanomaterials* 9 (2019) 1352.

[2] P. Jacek, F.A.G. Soares da Silva, F. Dourado, S. Bielecki, M. Gama, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 2 (2021) 100022.

[3] D. Lisowski, S. Bielecki, A. Masek, *Scientific Reports* 16 (2026) 10416.

MODYFIKACJA SYNTETYCZNYCH POLIMERÓW BIODEGRADOWALNYCH ZA POMOCĄ PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

Katarzyna Kucharska

Promotor: **prof. dr hab. Radosław Wach, prof. PŁ**

Politechnika Łódzka, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska

Dynamiczny rozwój biomateriałów medycznych podkreśla znaczenie alifatycznych poliestrów, cenionych za biodegradowalność i biogodność. Kluczowe dla ich bezpiecznego zastosowania są kontrolowane właściwości fizykochemiczne oraz profil degradacji, możliwe do regulacji poprzez modyfikację składu i mikrostruktury kopolimerów. Istotną zaletą tych materiałów pozostaje możliwość sterylizacji promieniowaniem jonizującym. Celem pracy jest synteza kopolimerów poli(węglanu trimetyleny) (PTMC) i polikaprolaktonu (PCL) oraz ocena wpływu napromieniania na ich strukturę chemiczną, toksyczność i biodegradację *in vitro*. Dotychczas otrzymano kopolimery PTMC-co-PCL o proporcjach 30:70, 50:50 i 70:30 oraz podano pod działanie różnych dawek promieniowania jonizującego; wstępne analizy SLS i GPC wskazują na minimalne zmiany strukturalne. Równolegle prowadzone są dalsze badania obejmujące kolejne warianty składu oraz zróżnicowane dawki napromieniania w celu optymalizacji właściwości materiałów.

S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

STRUKTURY SUPRAMOLEKULARNE TYMINY Z KWASAMI KARBOKSYLOWYMI

Olga Książkiewicz-Kołucka

Promotor: **prof. dr hab. Marcin Palusiak**

Promotor pomocniczy: **dr Kinga Wzgarda-Raj**

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

Szkoła Doktorska BioMedChem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi, ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

Celem pracy było otrzymanie i charakterystyka kokryształów tyminy z wybranymi kwasami karboksylowymi: kwasem 3-hydroksybenzoesowym oraz kwasem 3,5-dinitrosalicylowym. Tymina (5-metylouracyl) należy do grupy zasad pirymidynowych i stanowi jeden z podstawowych składników DNA, odpowiadając za przechowywanie oraz przekazywanie informacji genetycznej. Ze względu na swoje właściwości biologiczne oraz zdolność do tworzenia różnorodnych układów supramolekularnych, pochodne tyminy są obiektem zainteresowania w projektowaniu związków o potencjalnym działaniu przeciwwirusowym i przeciwnowotworowym [1-3].

W trakcie badań przeprowadzono krystalizacje, w wyniku których otrzymano dwie odmienne formy krystaliczne tyminy, różniące się morfologią kryształów, a także dwa solwaty kokryształów z udziałem wybranych kwasów karboksylowych. Uzyskane kryształy poddano analizie strukturalnej ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań międzycząsteczkowych. Wykazano, że kluczową rolę w stabilizacji struktury krystalicznej oraz organizacji układów supramolekularnych odgrywają wiązania wodorowe tworzone pomiędzy cząsteczkami tyminy i współkrystalizujących kwasów.

- [1] D. E. Braun, T. Gelbrich, K. Wurst and U. J. Griesser, R. Feynman, Cryst Growth Des. 10,16 (2016) 3480–3496.
- [2] R. Chennuru, P. Muthudoss, S. Ramakrishnan, A. Basha Mohammad, R. Ravi Chandra Babu, S Mahapatra, S. K. Nayak, J. Mol. Struct. 1120 (2016) 86–99.
- [3] J. Skiba, R. Karpowicz, I. Szab, B. Therrien, K. Kowalski, J. Mol. Struct. 794 (2015) 216–222.

SYNTEZA KWASU TRITIOCYJANUROWEGO Z PIRYDAZYNĄ W RÓŻNYCH WARUNKACH PROMIENIOWANIA

Marcin Właźlak

Promotor: prof. dr hab. Marcin Palusiak

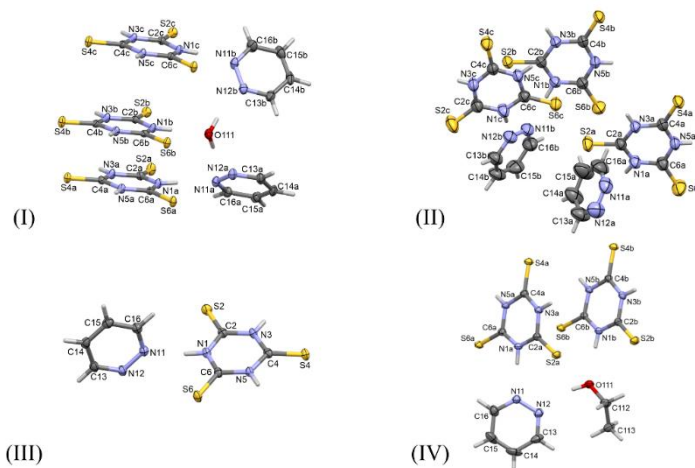
Promotor pomocniczy: dr Kinga Wzgarda-Raj

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

Szkoła Doktorska BioMedChem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi, ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie wpływem promieniowania elektromagnetycznego na przebieg procesu krystalizacji. Dotychczasowe badania wykazały, że promieniowanie ultrafioletowe (UV) może istotnie oddziaływać zarówno na morfologię kryształów, jak i ich strukturę wewnętrzną. Zaobserwowano między innymi wzrost większych kryształów ditiomocznika z chlorkiem kadmu [1] oraz zmiany strukturalne w sieci krystalicznej kompleksów kobalt–tiomocznik [2].

Głównym celem badań było wykonanie współkrystalizacji kwasu tritiocyjanurowego (TTCA) z pirydazyną oraz zbadanie wpływu promieniowania elektromagnetycznego na badany układ. Podczas krystalizacji udało się otrzymać cztery nowe kryształy wieloskładnikowe, które dotychczas nie zostały zdeponowane w Krystalograficznej Bazie Danych Cambridge (CSD) [3] (rys. 1).



Rysunek 1. Schemat uzyskanych kryształów wieloskładnikowych kwasu tritiocyjanurowego z pirydazyną, uzyskanych w warunkach ciemni (I,II), pod wpływem światła widzialnego (III) oraz promieniowania UV (IV)

[1] J. Xowalski, K. Yowiński, L. Zetowski, *Anal. Chem.* 10 (2014) 564–569.

[2] J. Grimshaw, *Electrochemical Reactions and Mechanisms*, Elsevier, Amsterdam, 2000.

[3] S. Bakier, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 15 (2006) 30–35.

STRUCTURAL ANALYSIS OF INCLUSION COMPLEXES OF CYCLODEXTRINS WITH BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

Patryk Czapnik^{1,2}

Supervisor: DSc PhD Magdalena Małecka¹

Co-supervisor: Dr. Angelika Adamus-Grabicka³

¹University of Lodz, Faculty of Chemistry, Department of Physical Chemistry,
ul. Pomorska 163/165, 90–236 Lodz

²University of Lodz, Doctoral School of Exact and Natural Sciences,
ul. Matejki 21/23, 90–237 Lodz

³Medical University of Lodz, Faculty of Pharmacy, Department of Medical Chemistry,
ul. Muszyńskiego 1, 90–151 Lodz

The aim of this study was to synthesise and determine the crystal structures of α - and β -cyclodextrin inclusion complexes with hydroquinone and isonicotinamide using X-ray analysis. We compared the crystal structures and determined differences in the crystal packing (Fig. 1). Based on the available data interactions were analysed considering the percentage contribution of the contacts in the Hirshfeld surfaces. To better understand the forces determining the packing of molecules in the crystal lattice, energy framework [1] and lattice energy [2] were calculated (Fig. 2). Analysis of the components of total (E_{tot}), Coulomb (E_{ele}) and dispersion energy (E_{dys}) helped us to investigate the contribution of electrostatic and non-electrostatic interactions to the stabilisation of the crystal structures of the inclusion complexes. Our 2 other complexes published in J. Mol. Struct. [3].



Figure 1. Differences in arrangements of inclusion complexes of a) α -cyclodextrin with isonicotinamide, b) β -cyclodextrin with isonicotinamide

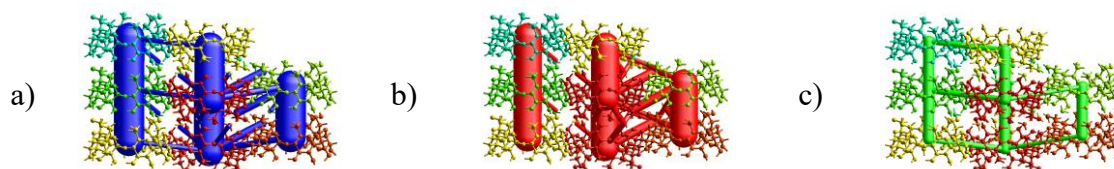


Figure 2. Differences in arrangements of a) total energy, b) Coulomb energy, c) dispersion energy, in one of the obtained inclusion complex of α -cyclodextrin with isonicotinamide

Research financed from budget of Doctoral School of Exact and Natural Sciences University of Lodz

[1] P. R. Spackman, M. J. Turner, J. Appl. Cryst. 54 (2021) 1006–1011.

[2] S. P. Thomas, P. R. Spackman et al., J. Chem. Theory Comput. 14 (2018) 1614–1623.

[3] P. Czapnik et. al., J. Mol. Struct., 1320 (2025) 139671.

CHARAKTERYSTYKA STRUKTURALNA POCHODNYCH HYDRAZYNY JAKO POTENCJALNYCH ZWIĄZKÓW PRZECIWBAKTERYJNYCH

mgr inż. Magdalena Ostrycharz

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

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

Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska Politechniki Łódzkiej

Narastanie oporności szczepów bakteryjnych na stosowane obecnie antybiotyki, wynikające w znacznym stopniu z ich nadmiernego oraz nieprawidłowego użycia, stanowi jedno z najważniejszych globalnych wyzwań zdrowia publicznego [1]. Pomimo intensywnych badań nad nowymi substancjami przeciwbakteryjnymi, liczba związków charakteryzujących się nowymi mechanizmami działania pozostaje ograniczona, przykładowo wobec bakterii Gram-ujemnych. Z tego względu projektowanie i poszukiwanie nowych struktur molekularnych o potencjalnej aktywności biologicznej jest istotnym obszarem współczesnych badań naukowych [2].

W niniejszej pracy wykonano krystalizację oraz analizę strukturalną związków, które mogą znaleźć zastosowanie w dalszych badaniach biologicznych. W celu otrzymania monokryształów odpowiednich do badań strukturalnych zastosowano krystalizację z użyciem dimetyloformamidu oraz metanolu. Uzyskane kryształy zbadano metodą monokrystalicznej dyfrakcji rentgenowskiej, co pozwoliło na dokładne określenie ich struktury molekularnej oraz sposobu uporządkowania cząsteczek w stanie stałym.

Analiza struktury krystalicznej wykazała obecność centrów donorowo-akceptorowych, składających się z atomów siarki, azotu i grupę N–H. Obecność tych fragmentów może sprzyjać tworzeniu oddziaływań z określonymi celami biologicznymi, co wskazuje na zasadność dalszej oceny potencjału przeciwbakteryjnego otrzymanych związków.

*Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu: FU²N – Fundusz Udoskonalania
Umiejętności Młodych Naukowców*

- [1] World Health Organization. (2024). *2023 antibacterial agents in clinical and preclinical development: An overview and analysis*. Retrieved May 11, 2026, from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240094000>
- [2] World Health Organization. (2024). *WHO antibacterial preclinical pipeline review*. Retrieved May 11, 2026, from <https://www.who.int/observatories/global-observatory-on-health-research-and-development/monitoring/who-antibacterial-preclinical-pipeline-review>

MECHANISM OF F_{430} -CATALYZED DEHALOGENATIONS OF CHLOROMETHANES: A DFT PERSPECTIVE

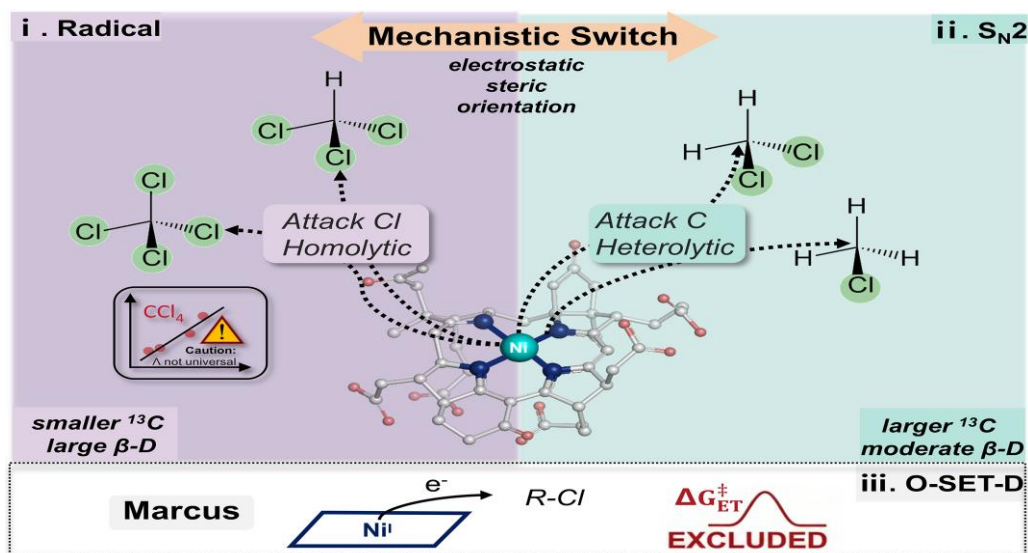
Ye Han

Supervisor: prof. dr hab. inż. Piotr Paneth

*International Center for Research on Innovative Biobased Materials (ICRI-BioM),
Lodz University of Technology, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland*

Interdisciplinary Doctoral School, Lodz University of Technology

The widespread industrial use of chlorinated alkanes has led to severe groundwater contamination, necessitating effective environmental remediation strategies. In nature, methanogenic archaea utilizing the corrinoid F_{430} coenzyme efficiently degrade these pollutants. However, the precise mechanisms governing F_{430} -catalyzed reductive dehalogenation have remained elusive. In this study, we employed Density Functional Theory (DFT) at the MN15-L/def2-TZVP level to investigate the alternative reaction pathways (radical, S_N2 , and O-SET-D) of chloromethane degradation by F_{430} and its truncated model, OEtBCh. Our thermodynamic and kinetic profiling reveals a definitive mechanistic switch dependent on the degree of substrate chlorination. While lightly chlorinated methanes (CH_3Cl , CH_2Cl_2) favor a classical S_N2 pathway, a shift to a radical mechanism occurs for heavily chlorinated species ($CHCl_3$, CCl_4) due to electrostatic and steric constraints within the catalyst pocket. Furthermore, computed kinetic isotope effects (KIEs) demonstrate that while primary and secondary effects distinguish these pathways, the dual-isotope slope (Λ) is substrate-dependent and not a universal mechanistic indicator [1].



*This work was supported by the collaborative grant 2023/48/Q/ST10/00247
from the National Research Council, Poland*

[1] Y. Han, M. Nowicki, M. Pokora, L. Ji, P. Paneth, J. Phys. Chem. B 130 (2026) 4547-4559.

**STRESZCZENIA
POSTERÓW MAGISTRANTÓW**

S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa
i Elektrochemia

ELEKTROCHEMICZNE BADANIE PSYLOCYBINY NA MIĘKKICH GRANICACH FAZOWYCH

Aleksandra Grzeszczak

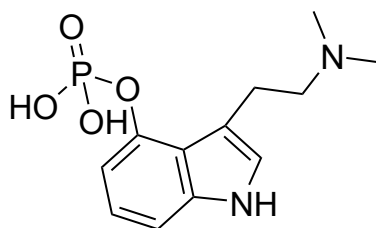
Promotor: dr hab. Konrad Rudnicki

Opiekun: mgr Emilia Powałka

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

Wraz z rozwojem technik analizy instrumentalnej rośnie zapotrzebowanie na wiarygodne metody oznaczania analitów, które w porównaniu do powszechnie stosowanej chromatografii, cechują się krótkim czasem analizy oraz nie wymagają zaawansowanej i kosztownej aparatury. Przykładem związku dotychczas oznaczanego metodami chromatograficznymi jest psylocybina – naturalnie występujący psychoaktywny alkaloid indolowy, syntetyzowany przez niektóre gatunki grzybów z rodzaju *Psilocybe* [1].

W niniejszej pracy wykorzystano spolaryzowaną granicę faz pomiędzy dwoma niemieszającymi się roztworami elektrolitów (z ang. ITIES – Interface Between Two Immiscible Electrolyte Solutions) do oznaczenia psylocybiny. Zastosowanie ITIES pozwoliło wyeliminować błędy pomiarowe związane z uszkodzeniami powierzchni elektrod stałych. Dodatkowo ITIES umożliwia oznaczanie związków nieulegających reakcjom redoks, ponieważ rejestrowane sygnały analityczne wynikają z mechanizmu przeniesienia jonów przez granicę faz [2]. Celem pracy było określenie wpływu składu i pH fazy wodnej na intensywność i położenie sygnału analitycznego tak aby w kolejnych etapach badań wybrany układ faz zastosować do analizy rzeczywistych próbek suszonego materiału grzybowego.



Wzór strukturalny psylocybiny.

Uzyskane dotychczas wyniki wskazują na możliwość zastosowania ITIES w połączeniu z woltamperometrią przeniesienia jonu do czułego i stosunkowo prostego oznaczania psylocybiny w próbkach rzeczywistych.

*Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) w Krakowie w ramach projektu
PRELUDIUM (UMO-2025/57/N/ST4/02255)*

[1] J. van Amsterdam, A. Opperhuizen, W. van den Brink, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 59 (2011) 423-429.

[2] H. D. Jetmore, E. S. Anupriya, T. J. Cress, M. Shen, *Analytical Chemistry*, 94 (2022) 16519-16527.

OZNACZANIE RESWERATROLU W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH Z WYKORZYSTANIEM ELEKTROFOREZY KAPILARNEJ

Łukasz Kmieciak

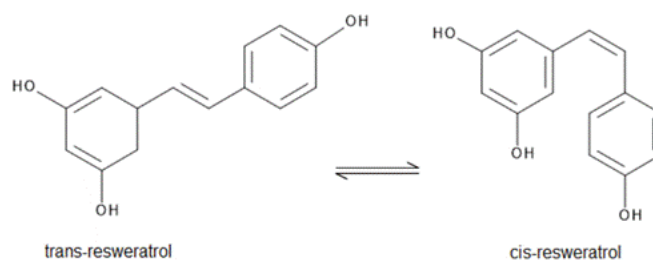
Promotor: **dr hab. Paweł Kubalczyk, prof. UŁ**

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

**Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
ul. Pomorska 163/165, 91-236 Łódź**

Resweratrol to organiczny związek z rodziny polifenoli, który naturalnie występuje w takich produktach jak czerwone wino, winogrona, jagody, morwa czy orzechy. Substancja ta występuje w dwóch formach: cis oraz trans (Rys. 1). Ciekawym zjawiskiem jest proces przekształcania się formy cis w trans, który zachodzi pod wpływem niskiego pH lub ekspozycji na promieniowanie UV. Ze względu na szerokie spektrum właściwości prozdrowotnych resweratrolu, w tym silne działanie antyoksydacyjne, potencjał przeciwnowotworowy oraz ochronny wpływ na serce i naczynia krwionośne, coraz częściej podejmowane są badania nad jego oznaczeniem w żywności [2].

W zrealizowanych badaniach do pracy magisterskiej resweratrol został oznaczony za pomocą kapilarnej elektroforezy strefowej z detekcją UV-Vis, która zapewnia szybkie i efektywne rozdzielenie substancji oraz spełnia zasady zielonej chemii ze względu na zużycie niewielkiej ilości odczynników oraz stosowanie małych objętości próbek. Badanymi matrycami były próbki win różnych producentów, truskawki i borówki amerykańskie. Elektroforeza kapilarna jest zaawansowaną techniką, występującą w różnych wariantach, które można dopasować do różnorodnych zastosowań. Zasada jej działania opiera się na przemieszczaniu się, czyli migracji naładowanych elektrycznie cząstek pod wpływem pola elektrycznego [3].



Rysunek 1. Wzory strukturalne trans-resweratrolu i cis-resweratrolu

Badania zostały wykonane w ramach Studenckiego Grantu Badawczego edycja 2025, wniosek nr 710

- [1] N. Yu Anisimova, M. V Kiselevsky, A. V Sosnov, S. V Sadovnikov, I. N Stankov, A. A Gakh, Chem. Cent. J. 5 (2011) 88.
- [2] A. Pratap Singh, R. Singh, S. Singh Verma, V. Rai, C. H. Kaschula, P. Maiti, S. Chandra Gupta, Med. Res. Rev. 39 (2019) 1851-1891.
- [3] Z. Witkiewicz, Podstawy chromatografii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

OPRACOWANIE METODY PRZYGOTOWANIA PRÓBEK PREPARATÓW FARMACEUTYCZNYCH DO OZNACZANIA TIOPROLINY TECHNIKĄ HPLC-UV

Martyna Płodzik

Promotor: **dr hab. Justyna Piechocka, prof. UŁ**

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

Obecnie współczesna farmacja oraz kosmetologia stawiają wysokie wymagania metodom kontroli jakości wyrobów leczniczych i kosmetycznych. W obliczu rosnącej złożoności składu owych produktów kluczowym etapem postępowania analitycznego jest zarówno pomiar instrumentalny, jak i przygotowanie próbek do analizy. Jednym ze składników aktywnych produktów leczniczych i kosmetycznych jest tioprolina (tPro). Jest to związek powstający w reakcji kondensacji cysteiny z formaldehydem, obecnie szeroko ceniony w farmakologii za swoje prozdrowotne właściwości przeciwutleniające, hepatoprotekcyjne, przeciwnowotworowe oraz stymulujące układem odpornościowym. W ostatnich latach substancja ta stała się również niezwykle popularnym składnikiem aktywnym dermokosmetyków, gdzie wykorzystuje się jej potencjał w terapiach przeciwtrądzikowych, przeciwłuszczycowych oraz w pielęgnacji przeciwstarzeniowej. Pomimo rosnącej liczby produktów zawierających tPro na światowym rynku, wciąż brakuje efektywnych narzędzi analitycznych umożliwiających kontrolę ich jakości. Obecnie dostępne są zaledwie trzy metody umożliwiające oznaczenie tPro w tabletkach [1–3]. Jednakże metody te wykorzystują techniki takie jak woltamperometria, spektrofotometria czy spektrofluorymetria, które często nie zapewniają wymaganej selektywności i czułości.

Głównym celem podjętych badań było opracowanie procedury przygotowania próbek produktów farmaceutycznych do oznaczania tPro z wykorzystaniem techniki wysokosprawnej chromatografii cieczerw sprężonej z detektorem spektrofotometrycznym (HPLC-UV). W omawianym przypadku, kluczowymi etapami postępowania analitycznego była derywatywacja chemiczna oraz oczyszczanie próbki na drodze ekstrakcji ciało stałe-ciecz (SLE). tPro wykazuje bowiem znikomą absorpcję promieniowania w zakresie UV-Vis, co wręcz uniemożliwiło jej bezpośrednie oznaczenie techniką HPLC-UV. Aby rozwiązać ten problem, zastosowano derywatywację z użyciem tetrafluoroboranu 2-chloro-1-metylocholinowego (CMQT), co pozwoliło na przeprowadzenie analitu w 2-S-chinolinową pochodną absorbującą promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie UV. Równolegle, w celu wyizolowania tPro ze złożonych matryc farmaceutyków, wdrożono etapy oczyszczania próbek na drodze SLE, a następnie filtracji membranowej. Badania koncentrowały się na doborze warunków prowadzenia obu tych procesów, aby zapewnić jak najwyższą czułość, selektywność oraz powtarzalność i odtwarzalność metody [4].

[1] R.S. Haggag, D.A. Gawad, S.F. Belal, H.M. Elbardisy, *Anal. Methods* 8 (2016) 2479–2493.

[2] O.A.R. Amin, S.F. Belal, R. Bakry, *Port. Electrochim. Acta* 29 (2011) 115–125.

[3] R.S. Bakry, O.A. Razak, A.F.M. El Walily, S.F. Belal, *J. Pharm. Biomed. Anal.* 17 (1998) 95–101.

[4] M. Gaweł, M. Płodzik, R. Głowacki, J. Piechocka, *Molecules* 30 (2025) 3152: 1–14.

KWAS KAWOWY I NEOCHLOROGENOWY W EKSTRAKTACH KAWY – BADANIA CHROMATOGRAFICZNE Z WYKORZYSTANIEM DETEKTORA ELS

Jakub Ślubowski

Promotor: **dr hab. Kamila Borowczyk**

Opiekun: **dr hab. Kamila Borowczyk**

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

Kawa należy do najbardziej rozpowszechnionych produktów spożywczych na świecie, jest drugim najczęściej spożywanym napojem na świecie po wodzie oraz drugim najczęściej eksportowanym surowcem po ropie naftowej. W latach 2020-2021 wyprodukowano i wprowadzono na rynek światowy około 166,63 miliona worków kawy o masie 60 kg, co odpowiada masie ok. 10 milionów ton. Ziarna kawy zawierają około 700 substancji chemicznych i są źródłem licznych związków bioaktywnych, do których należy m. in. kwas kawowy i kwas neochlorogenowy [1].

Występujące w kawie kwas kawowy i kwas neochlorogenowy posiadają właściwości, które mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka. Wykazują silne działanie przeciwutleniające, dzięki czemu mogą neutralizować wolne rodniki i ograniczać powstawanie reaktywnych form tlenu, a tym samym zmniejszać ryzyko rozwoju różnych chorób i schorzeń. Kwas kawowy może hamować niekontrolowane namnażanie się różnego rodzaju komórek nowotworowych. Jest on również związkiem naturalnym o obiecującym potencjale terapeutycznym w leczeniu cukrzycy. Kwasy chlorogenowe działają natomiast ochronnie na komórki wątroby oraz mogą redukować ryzyko rozwoju chorób przewlekłych, takich jak schorzenia układu krążenia czy niektóre nowotwory [2, 3].

W celu określenia zawartości kwasu kawowego i neochlorogenowego w naparach kawy wykorzystano technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężoną z detektorem rozproszenia światła przez odparowanie. Badania obejmowały dobór najlepszych parametrów detekcji, do których zalicza się: temperaturę odparowania oraz nebulizacji, prędkość przepływu gazu, częstotliwość zbierania danych, wzmocnienie oraz wygładzenie sygnału. Następnie przeprowadzono walidację metody i zastosowano ją do badań próbek rzeczywistych. Przeprowadzono również badania trwałości kwasu kawowego i kwasu neochlorogenowego.

Opracowana metoda dała możliwość oznaczenia kwasu neochlorogenowego w naparach kawy. Na podstawie przeprowadzonej walidacji wykazano, że jego stężenie w naparach kawy mielonej parzonej na różne sposoby mieści się w zakresie 162,84 – 195,67 µg/mL naparu. Wyniki przeprowadzonych badań świadczą, iż temperatura parzenia kawy nie ma istotnego wpływu na ilość kwasu neochlorogenowego. To sposób jej parzenia w głównej mierze miał wpływ na zawartość tego analitu w przygotowanych naparach kawy.

[1] F. M. Di Domenico, G. Grosso, *Coffee and Human Health: Chemistry and Mechanisms of Action*, Royal Society of Chemistry, 2025.

[2] N. Pavlíková, *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (2023) 588.

[3] H. Lu, Z. Tian, Y. Cui, Z. Liu, X. Ma, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19 (2020) 3130–3158.

OZNACZANIE WYBRANYCH KWASÓW CHLOROGENOWYCH I KOFEINY W ZUŻYTYCH FUSACH PO KAWIE TECHNIKĄ HPLC Z ZASTOSOWANIEM DETEKTORA ROZPROSZENIA ŚWIATŁA

Paulina Kubacka

Promotor: **dr hab. Kamila Borowczyk**

Opiekun: **dr hab. Kamila Borowczyk**

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

Kawa należy do najczęściej spożywanych napojów na świecie, czego dowodem jest globalna konsumpcja sięgająca 175,6 miliona worków o masie 60 kg w sezonie 2021/22, co odpowiada masie ponad 10,5 ton. Wzrost zainteresowania kawą wiąże się ze zwiększeniem jej produkcji, a tym samym z powstawaniem dużych ilości zużytych fusów kawowych. Odpady te najczęściej trafiają na składowiska, gdzie podczas fermentacji mogą powodować zagrożenie pożarowe oraz przyczyniać się do emisji gazów cieplarnianych, przede wszystkim metanu i dwutlenku węgla [1].

W kawie oraz pozostałościach po jej parzeniu występują kwasy chlorogenowe, zaliczane do związków fenolowych. Substancje te wykazują silne właściwości przeciwutleniające, dzięki czemu ograniczają negatywne skutki stresu oksydacyjnego. Kwas chlorogenowy może wpływać na obniżenie poziomu glukozy we krwi i zwiększenie wrażliwości organizmu na insulinę. Neutralizując wolne rodniki, wspomaga ochronę komórek przed uszkodzeniami oraz opóźnia procesy starzenia. Dodatkowo może zredukować ryzyko rozwoju chorób przewlekłych, takich jak schorzenia układu krążenia, cukrzyca typu 2 czy niektóre nowotwory [2].

W celu określenia zawartości kwasów chlorogenowych w zużytych fusach kawowych wykorzystano technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) sprzężoną z detektorem rozproszenia światła przez odparowanie. Badania obejmowały optymalizację warunków chromatograficznych, szczególnie składu fazy ruchomej, aby umożliwić skuteczne oznaczenie trzech związków obecnych w kawie: kwasu chlorogenowego, kofeiny i kwasu kryptochlorogenowego. Następnie zoptymalizowano parametry pracy detektora, takie jak temperatura odparowania i nebulizacji, prędkość przepływu gazu, prędkość zbierania danych, poziom elektronicznego wzmocnienia sygnału oraz parametrów wygładzenia sygnału.

Uzyskane warunki analityczne oraz przeprowadzona walidacja metody umożliwiły oznaczenie badanych substancji jakościowo oraz ilościowo w pierwszym naparze kawowym, jak i w kolejnych ekstraktach przygotowanych z wysuszonych fusów. Wyniki badań wykazały, że odpady po parzeniu kawy nadal stanowią cenne źródło związków fenolowych oraz kofeiny.

*Podziękowania: Praca została sfinansowana przez Uniwersytet Łódzki w ramach programu
„Studenckie Granty Badawcze” edycja 2024/2025, wniosek nr 763.*

Dziękuję za sfinansowanie projektu badawczego

[1] S. Angeloni, G. Caprioli, M. Cespi, *Bioacatalysis and Agricultural Biotechnology* 61 (2024) 1–13.

[2] I. G. C. B. Silva, A. DaSilva Antonio, E. Martins de Carvalho, *Food Chemistry* 458 (2024) 1–8.

ZASTOSOWANIE ELEKTRODY WĘGLOWEJ MODYFIKOWANEJ CIENKĄ WARSTWĄ ORGANICZNĄ DO ELEKTROANALIZY WYBRANYCH PESTYCYDÓW

Natalia Tomczyńska¹

Promotor: dr hab. Mariola Brycht, prof. UŁ¹

Opiekun: Maryia-Mazhena Dzemidovich^{1,2}

¹*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
ul. Tamka 12, 90-403 Łódź*

²*Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych,
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź*

Elektrody z cienkim filmem organicznym (TOFE, ang. thin organic film electrode) należą do układów elektrochemicznych, które umożliwiają analizę sprzężonych procesów przenoszenia elektronu i jonu w warunkach zbliżonych do układów biomimetycznych. Ich działanie opiera się na obecności cienkiego filmu organicznego (TOF) osadzonego na powierzchni elektrody przewodzącej. Taki film wyznacza w układzie dwa kluczowe obszary międzyfazowe: granicę elektroda|faza organiczna, gdzie zachodzi reakcja redoks mediatora oraz granicę faza organiczna|roztwór wodny, na której przebiega transfer jonów kompensujący zmianę ładunku [1].

W ramach prowadzonych badań opracowano i zoptymalizowano układ TOFE, a następnie sprawdzono jego przydatność do pośredniej analizy wybranych pestycydów. Optymalizacja obejmowała wybór składu fazy organicznej i wodnej, a także dobór odpowiedniego podłoża elektrodowego do osadzenia cienkiego filmu organicznego. Tak przygotowany układ wykorzystano do badań pestycydów karbendazym, biksafen i fenheksamid, stosując techniki woltamperometrii cyklicznej oraz woltamperometrii fali prostokątnej. Po wprowadzeniu pestycydów do układu odnotowano istotne zmniejszenie odpowiedzi prądowej TOFE względem układu referencyjnego, niezawierającego analitu. Dalsza analiza częstotliwości i amplitudy oraz wyznaczenie quasi-odwracalnych maksimów potwierdziła, że dodatek pestycydów powodował nie tylko obniżenie intensywności sygnałów prądowych, ale i zmianę położenia maksimów. Takie zachowanie układu wskazuje, że karbendazym, biksafen i fenheksamid gromadzą się na granicy faz warstwa organiczna|roztwór wodny, zakłócając proces kompensacji ładunku związany z reakcją redoks mediatora. W efekcie transfer anionów przez granicę fazową zostaje częściowo ograniczony, co modyfikuje przebieg sprzężonego transferu elektron–jon i prowadzi do spadku odpowiedzi elektrochemicznej TOFE. Zależności odpowiedzi prądowej od stężenia pestycydów wykorzystano następnie do sporządzenia krzywych kalibracyjnych, a także do wyznaczenia granic wykrywalności i oznaczalności.

*Badania zostały sfinansowane ze środków przyznanych Natalii Tomczyńskiej
na realizację projektu w ramach Studenckich Grantów Badawczych UŁ 2025/2026*

[1] M.-M. Dzemidovich, A. Leniart, S. Skrzypek, V. Mirceski, M. Brycht, *Bioelectrochem.* 166 (2025) 1–9.

ZASTOSOWANIE ELEKTROD SITODRUKOWANYCH NA BAZIE WĘGLA DO ELEKTROCHEMICZNEGO OZNACZANIA DESCHLOROKLOZAPINY

Klaudia Czarnecka

Promotor: **dr hab. Mariola Brycht, prof. UŁ**

Opiekun: **dr inż. Amanda Leda**

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

Deschloroklozapina (DCZ) jest związkiem chemicznym szeroko wykorzystywanym w badaniach neurobiologicznych. DCZ pełni między innymi rolę wysoce selektywnego liganda receptorów DREADD, czyli zaprojektowanych receptorów wybiórczo aktywowanych przez zaprojektowane związki. DCZ wyróżnia się skuteczną aktywacją neuronów nawet przy bardzo niskich stężeniach oraz małą podatnością do przekształcania w niepożądane metabolity [1]. Z uwagi na wysoki potencjał DCZ w badaniach wykorzystujących system DREADD istotne jest opracowanie czułych i selektywnych metod oznaczania, umożliwiających analizę śladową w złożonych matrycach.

W niniejszej pracy opracowałam woltamperometryczną procedurę oznaczania DCZ. Badania przeprowadziłam z wykorzystaniem techniki woltamperometrii pulsowo-różnicowej (DPV), przy użyciu elektrod sitodrukowanych na bazie węgla (SPCE) [2]. Zaobserwowałam, iż DCZ jest czynna elektrochemicznie w całym badanym zakresie pH (2,0–12,0) buforu Brittona-Robinsona, natomiast optymalne warunki oznaczania uzyskałam w buforze o pH 8,0. Po zoptymalizowaniu parametrów techniki DPV oznaczyłam DCZ na SPCE w szerokim zakresie stężeń ($1,0 \times 10^{-8}$ – $5,0 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹), przy granicy wykrywalności wynoszącej $3,3 \times 10^{-9}$ mol L⁻¹. Niniejsza metoda wykazuje wysoką selektywność wobec jonów nieorganicznych oraz wybranych związków organicznych. Opracowaną procedurę wykorzystałam następnie do analizy próbki rzeczywistej (pożywki Neurobasal przeznaczonej do hodowli neuronów *in vitro*) z zastosowaniem metody dodatku wzorca. Uzyskałam odzysk na poziomie 101,8 % oraz dobrą precyzję (RSD = 3,1%). Otrzymane w toku badań wyniki potwierdzają użyteczność opracowanej metody w analizie śladowej DCZ w złożonych próbkach.

*Badania zostały sfinansowane ze środków przyznanych Klaudii Czarneckiej na realizację projektu
w ramach Studenckich Grantów Badawczych UŁ 2025/2026*

[1] Y. Nagai, et al., Nat. Neurosci. 23 (2020) 1157–1167.

[2] O. Sarakhman, Ľ. Švorc, Crit. Rev. Anal. Chem. 52 (2022) 791–813.

ŚLAD DODATKU CUKROWEGO W MIODZIE – BADANIA ZAFĄLSZOWAŃ Z WYKORZYSTANIEM METOD FIZYKOCHEMICZNYCH I ICP-OES

Julia Socha

Promotor: **dr inż. Magdalena Gajek**

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

Miód należy do produktów spożywczych chętnie wybieranych przez konsumentów, przede wszystkim ze względu na smak oraz wartość odżywczą. Duże zainteresowanie tym produktem sprawia, że może być on narażony na zafałszowania.

Celem pracy była ocena przydatności wybranych parametrów fizykochemicznych oraz analizy pierwiastkowej do charakterystyki miodów naturalnych, a także do wykrywania ich zafałszowań syropem fruktozowym.

Badaniom poddano pięć rodzajów miodów naturalnych (n = 15) , syrop fruktozowy (n = 3) oraz próbki miodów z HFCS (n = 15). Oznaczono pH, wolną kwasowość, przewodność elektryczną właściwą, zawartość wody i cukrów oraz skład pierwiastkowy metodą ICP-OES.

Dodatek syropu fruktozowego powodował wzrost zawartości wody i wartości pH oraz obniżenie zawartości cukrów, przewodności elektrycznej i większości oznaczanych pierwiastków, co wskazuje na efekt rozcieńczenia matrycy miodu i obniżenie stężenia składników mineralnych. Wyższa wolna kwasowość i przewodność elektryczna miodów naturalnych wskazują na większą zawartość związków jonowych i składników mineralnych w porównaniu z próbkami zafałszowanymi. Analiza statystyczna i chemometryczna potwierdziła przydatność badanych parametrów w ocenie autentyczności miodów.

CHEMICZNY ŚLAD CZASU W WINIE – STABILNOŚĆ SKŁADU PIERWIASTKOWEGO WIN CABERNET SAUVIGNON PRZECHOWYWANYCH W OTWARTYCH BUTELKACH

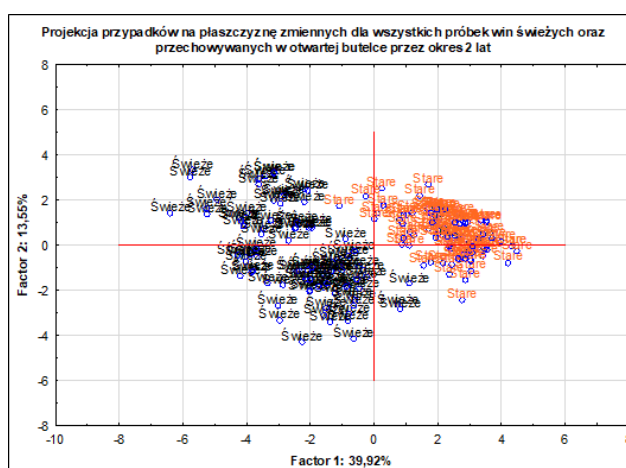
Justyna Stępińska

Promotor: dr inż. Magdalena Gajek

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

Wina czerwone szczepu Cabernet Sauvignon odznaczają się bogatym profilem fenolowym, który wpływa na trwałość barwy oraz procesy starzenia [1]. Badania miały na celu zbadanie zmian składu pierwiastkowego oraz parametrów barwy po długotrwałym przechowywaniu po otwarciu butelki oraz określenie możliwości różnicowania win komercyjnych i domowych. Zgromadzono materiał obejmujący 90 próbek win analizowanych bezpośrednio po otwarciu oraz po dwuletnim przechowywaniu w kontrolowanych warunkach. Do oznaczenia 18 pierwiastków wykorzystano emisyjną spektrometrię atomową ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP-OES, a ocenę barwy wykonano z wykorzystaniem spektrofotometru UV-Vis.

Zebrane dane wskazują, że długotrwałe przechowywanie wywiera wpływ na skład pierwiastkowy wina (w postaci spadku stężeń wszystkich porównywanych pierwiastków) oraz obniżenie intensywności barwy przy jednoczesnym wzroście jej odcienia, co wskazuje na procesy utleniania i degradacji antocyjanów. Analiza chemometryczna umożliwiła rozróżnienie próbek względem ich pochodzenia (komercyjnego lub domowego) na podstawie charakterystycznych profili pierwiastkowych. Analiza czynnikowa wykazała separację między próbkami świeżymi, a starymi. Obserwację tę mogą mieć znaczenie w kryminalistyce, gdzie istnieje potrzeba określenia czy zabezpieczona próbka wina pochodziła z wcześniej otwartej butelki oraz jak długo była przechowywana po otwarciu.



Rysunek 1. Projekcja przypadków na płaszczyznę zmiennych dla wszystkich próbek win świeżych oraz przechowywanych w otwartej butelce przez okres 2 lat

[1] A. L. Waterhouse, G. L. Sacks, and D. W. Jeffery, *Understanding Wine Chemistry*. Wiley, 2024.
<https://doi.org/10.1002/9781394258406>

WPŁYW MIKROWŁÓKIEN NA DEGRADACJĘ IMIDAKLOPRYDU W PROCESIE PS/UV

Adrianna Kałuziak

Promotor: **prof. dr hab. inż. Marta Gmurek**

Opiekun: **dr inż. Aleksandra Kędzierska-Sar**

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

Rosnące zanieczyszczenie środowiska wodnego imidaklopydem (IMI) oraz mikrowłóknami (MF) pochodzenia naturalnego i syntetycznego stanowi poważne wyzwanie, gdyż konwencjonalne metody oczyszczania ścieków wykazują niską skuteczność. Jako alternatywę zaproponowano zaawansowany proces utleniania oparty na układzie nadsiarczan/promieniowanie UV (PS/UV). Celem badań była optymalizacja degradacji IMI oraz MF. Przeanalizowano wpływ stężenia utleniacza i natężenia światła na szybkość usuwania zanieczyszczeń, a produkty pośrednie zidentyfikowano za pomocą techniki UHPLC-HRMS. Wykazano, że rozkład imidaklopydu zachodzi na drodze bezpośredniej fotolizy oraz w reakcjach z generowanymi rodnikami siarczanowymi i hydroksylowymi. Proces ma charakter dynamiczny – równoległe z zanikiem związku głównego powstają produkty przejściowe, ulegające dalszym przemianom. Wyniki potwierdzają wysoki potencjał układu PS/UV w usuwaniu trwałych substancji organicznych.

Praca sfinansowana w ramach projektu „FU²N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej – grant nr 503/9-9-4-4

PROBLEMY I STRATEGIE OPTIMALIZACJI METODY HPLC-DAD DO OZNACZANIA AMINOKWASÓW W OSOCZU

Kludia Jeżyna

Promotor: dr inż. Paulina Gątarek

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

Endometrioza stanowi istotny problem zdrowotny, ze względu na wysoką częstość występowania oraz trudności diagnostyczne oraz wyzwania związane z doborem skutecznego leczenia [1]. Analiza profilu aminokwasowego osocza stanowi jeden z kierunków badań nad zaburzeniami metabolicznymi towarzyszącymi endometriozie. Złożoność matrycy osocza oraz wrażliwość aminokwasów na warunki fizykochemiczne analizy wymagają doboru i optymalizacji warunków chromatograficznych.

Celem pracy była optymalizacja metody HPLC-DAD do oznaczania aminokwasów w osoczu z uwzględnieniem problemów związanych z uzyskaniem efektywnej separacji analitów[2]. W trakcie badań modyfikowano wybrane parametry chromatograficzne i poddano ocenie wpływ tych parametrów na efektywność separacji i jakość uzyskiwanych chromatogramów. Szczególną uwagę zwrócono na kształt i pole powierzchni pików oraz zjawisko koelucji. Badania pozwoliły wskazać parametry analizy, które mają największy wpływ na poprawę jakości oznaczeń. Wyniki potwierdzają, że odpowiednia strategia optymalizacji warunków chromatograficznych jest kluczowa dla uzyskania wiarygodnego oznaczania aminokwasów w osoczu i może stanowić podstawę do dalszych badań metabolomicznych.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu: „Analiza profilu aminokwasów w osoczu krwi osób dorosłych z uwzględnieniem nawyków żywieniowych z zastosowaniem techniki HPLC-DAD”

[1] E. Helosvuori, V. Oikkonen, Health 28 (2024) 937–952.

[2] J. W. Henderson, R. D. Ricker, B. A. Bidlingmeyer, C. Woodward, Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids, Agilent Technologies Application Note 5980-1193EN, Agilent Technologies, 2000.

WPŁYW BUDOWY KWASÓW KARBOKSYLOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI SUPRAMOLEKULARNE I LUMINESCENCYJNE SOLI 8-HYDROKSYCHINOLINY

Angelika Plisiecka

Promotor: **dr inż. Tomasz Sierański**

Opiekun pomocniczy: **dr inż. Marcin Świątkowski**

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

Celem pracy było zbadanie wpływu wybranych kwasów karboksylowych na właściwości supramolekularne i luminescencyjne układów tworzonych przez 8-hydroksychinolinę. Analizowano kwasy alifatyczne i aromatyczne, w tym kwas mrówkowy, mlekowy, benzoesowy oraz izomery kwasu hydroksybenzoesowego. Otrzymane produkty wyizolowano w postaci krystalicznej lub amorficznej i scharakteryzowano metodami spektroskopowymi oraz analizą strukturalną. Badano wpływ transferu protonu, oddziaływań wodorowych i organizacji supramolekularnej na właściwości emisyjne układów. Wykazano, że struktura fazy stałej istotnie wpływa na charakter i intensywność emisji. Dla układów z kwasem 2- i 4-hydroksybenzoesowym zaobserwowano silne wygaszanie fluorescencji, wskazujące na możliwość kontrolowania właściwości optycznych materiałów opartych na 8-hydroksychinolinie.

OCENA WPŁYWU NANOCZĄSTEK TLENKU GLINU APLIKOWANYCH DROGĄ KORZENIOWĄ NA SKŁAD CHEMICZNY ROŚLIN

Julia Purtak

Promotor: dr hab. Elżbieta Skiba

Opiekun: dr inż. Monika Pietrzak

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

Nanocząstki tlenku glinu (Al_2O_3) wprowadzane do środowiska wraz z rozwojem nanotechnologii mogą zwiększać dostępność glinu dla roślin i wpływać na procesy życiowe roślin [1]. Negatywny wpływ obecnych w glebie jonów glinu jest znany od dawna. Wiadomym jest, że mogą one, szczególnie w glebach kwaśnych, powodować zahamowanie rozwoju korzeni, zaburzać pobieranie składników mineralnych i obniżać plonowanie roślin. Intensywnie prowadzone badania wskazują, że również nanocząstki Al_2O_3 mogą mieć podobne działanie. Wykazano, że ograniczają wzrost roślin, intensyfikują akumulację glinu w tkankach, zmieniają zawartość makro- i mikroelementów w organizmach oraz nasilają stres oksydacyjny [2, 3].

Celem prezentowanych badań była ocena wpływu nanocząstek Al_2O_3 aplikowanych drogą korzeniową na trzech poziomach stężeń glinu (100, 300 i 500 mg/L) na skład chemiczny i wydajność procesu asymilacji CO_2 ogórka (*Cucumis sativus* L.) uprawianego metodą bezglebową. W pracy posłużono się nowoczesnymi metodami analizy pozwalającymi na wyznaczenie indeksu chlorofilu (w jednostkach SPAD) oraz efektywności procesu fotosyntezy. Dodatkowo przeprowadzono analizę chemiczną materiału biologicznego. Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia zależności pomiędzy dawką nanocząstek Al_2O_3 , a ilością transportowanego i akumulowanego w liściach glinu. Dodatkowo poszerzają wiedzę na temat zmian w odżywieniu mineralnym roślin oraz funkcjonowaniem aparatu fotosyntetycznego roślin. Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie zarówno w kontekście oceny ryzyka środowiskowego, jak i potencjalnego wykorzystania nanomateriałów w rolnictwie [4, 5].

[1] M. Pietrzak, *Eliksir* 2(8) (2018) 26–28.

[2] C.E. Burklew, J. Ashlock, W.B. Winfrey, B. Zhang, *PloS one* 7(5) (2012) e34783.

[3] M. Brzeziński, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E. Agricultura*, 59(3) (2004) 1313–1317.

[4] K. Matyszczuk, A. Krzepińko, *Agron. Sci.* 79 (2024) 21–39.

[5] X. Wang, H. Xie, P. Wang, H. Yin, *Materials*. 16(8) (2023) 3097.

CZY POZOSTAŁOŚCI PO SPALENIU MOGĄ ZDRADZIĆ ŹRÓDŁO MATERIAŁU PIROTECHNICZNEGO? ZNACZENIE ANALIZY CZĄSTEK PRZED- I POREAKCYJNYCH W BADANIACH KRYMINALISTYCZNYCH I ŚRODOWISKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK SEM-EDS, IR ORAZ ICP-OES

Klaudia Pomorska

Promotor: **dr inż. Aleksandra Pawlaczyk**

Opiekun: **dr inż. Aleksandra Zimon, dr inż. Marcin Jędrzejczyk**

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

Materiały pirotechniczne stanowią szeroko rozpowszechnioną grupę materiałów wysokoenergetycznych wykorzystywanych zarówno w sektorze cywilnym, jak i wojskowym. Są to mieszaniny paliw i utleniaczy zdolne do samopodtrzymującej reakcji egzotermicznej, której efektem jest emisja światła, dźwięku, ciepła lub gazów [1]. Proces spalania materiałów pirotechnicznych przebiega najczęściej na drodze deflagracji, a skład mieszanin opiera się głównie na obecności paliw czy utleniaczy zawierających azotany, chlorany lub nadchlorany, a także związków odpowiedzialnych za barwę płomienia oraz intensywność efektów wizualnych i akustycznych [2]. Globalny rynek wyrobów pirotechnicznych szacowany jest obecnie na ponad 2,7 mld USD rocznie. Szeroka dostępność tego typu materiałów oraz możliwość ich wykorzystania w zdarzeniach o charakterze przestępczym sprawiają, że istotnego znaczenia nabiera analiza zarówno cząstek przed reakcją spalania, jak i pozostałości powstałych po jej przebiegu. W literaturze wskazuje się, że spalanie materiałów pirotechnicznych prowadzi do emisji cząstek bogatych w Ba, Sr, Cu, Pb czy Cr, które mogą osadzać się na powierzchniach znajdujących się w pobliżu miejsca zdarzenia oraz stanowić potencjalne zagrożenie środowiskowe i zdrowotne. Wykazano m.in., że poziom Ba w środowisku może wzrastać nawet 580-krotnie względem wartości tła, a stężenia cząstek zawierających Ba, Cu i Sr należą do najwyższych obserwowanych podczas epizodów krótkotrwałego zanieczyszczenia powietrza. Z tego względu coraz większe znaczenie odgrywają techniki umożliwiające chemiczną charakterystykę pozostałości pirotechnicznych, stanowiących cenne mikroślady wspomagające identyfikację tych materiałów oraz rekonstrukcję przebiegu zdarzenia [1,2]. Celem pracy była ocena składu wybranych materiałów pirotechnicznych oraz pozostałości powstałych po ich spalaniu w kontekście możliwości ich identyfikacji w analizach kryminalistycznych oraz oceny potencjalnego wpływu tych cząstek na środowisko. Badania obejmowały jakościową analizę składu i morfologii cząstek z wykorzystaniem techniki SEM-EDS, identyfikację grup związków chemicznych metodą IR oraz ilościowe oznaczenia wybranych pierwiastków techniką ICP-OES. Uzyskane wyniki wskazały, że pozostałości pirotechniczne zawierają charakterystyczne zestawy pierwiastków oraz cechy morfologiczne umożliwiające ich różnicowanie pod względem producenta. Potwierdzono również, że obecność pierwiastków takich jak Ba, Sr, Cu czy Al może stanowić istotną informację wspomagającą ustalenie źródła materiału. Jednocześnie obecność metali oraz drobnych cząstek emitowanych podczas spalania wskazuje na potencjalne znaczenie środowiskowe tego typu pozostałości, szczególnie w kontekście lokalnego zanieczyszczenia powietrza.

[1] E.L. Charsley, P.G. Laye, M.E. Brown, Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Elsevier, 2003.

[2] A.J.R. Bauer, Analysis of Pyrotechnic Components 2013 5-7.

CHEMIK NA SIŁOWNI – ANALIZA PIERWIASTKOWA BIAŁKA, KREATYNY I CYTRULINY TECHNIKAMI ICP-OES I CVAAS

Mikołaj Kurczak

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

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

Suplementy diety dla sportowców stanowią obecnie kluczowy element nowoczesnego wspomaganie zdolności wysiłkowych, optymalizacji procesów regeneracyjnych oraz prewencji urazów. Wśród najpowszechniej stosowanych preparatów wyróżnia się odżywki białkowe, kreatynę oraz cytrulinę, z których każda pełni odmienną, istotną funkcję biochemiczną w organizmie osoby aktywnej fizycznie. Odżywki na bazie białek serwatkowych są bogatym źródłem aminokwasów egzogennych niezbędnych do resyntezy włókien mięśniowych, a także wykazują udowodniony potencjał w regulacji metabolizmu glukozy poprzez stymulację wydzielania insuliny i redukcję tempa opróżniania żołądka [1]. Kreatyna z kolei jest jednym z najlepiej przebadanych związków o działaniu ergogenicznym; zwiększa wewnątrzkomórkowe zapasy fosfokreatyny, co umożliwia błyskawiczną regenerację cząsteczek ATP podczas wysiłków o charakterze anaerobowym oraz bezpośrednio wspiera homeostazę układu mięśniowo-szkieletowego [2]. Stosowanie cytruliny, najczęściej w formie jabłczanu, ukierunkowane jest na stymulację szlaku tlenu azotu, co poprawia perfuzję tkankową, transport tlenu oraz efektywność usuwania toksycznego amoniaku powstającego w cyklu mocznikowym podczas intensywnej pracy mięśni [3].

W ramach niniejszej pracy magisterskiej zbadano skład pierwiastkowy wybranych suplementów diety pochodzących od różnych producentów. Oznaczenia ilościowe niezbędnych makro- i mikroelementów (takich jak wapń, żelazo czy cynk) oraz metali ciężkich przeprowadzono przy użyciu techniki optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-OES). Ze względu na dużą lotność rtęci oraz konieczność eliminacji efektów matrycowych, jej zawartość w badanych produktach została określona w sposób selektywny za pomocą spektrometrii absorpcji atomowej z generowaniem zimnych par (CVAAS). Wykonane analizy pozwoliły na krytyczną ocenę składu pierwiastkowego preparatów w odniesieniu do obowiązujących norm prawnych i deklaracji producentów.

[1] S. Smedegaard, U. Kampmann, P. G. Ovesen, H. Støvring, N. Rittig, *The American Journal of Clinical Nutrition* 118 (2023) 391-405.

[2] M. Hong, J. Wang, L. Jin, K. Ling, *BMC Musculoskeletal Disorders* 25 (2024) 1004.

[3] L. A. Gough, S. A. Sparks, L. R. McNaughton, M. F. Higgins, J. W. Newbury, E. Trexler, M. A. Faghy, *European Journal of Applied Physiology* 121 (2021) 3283-3295.

DAJ MI CYNK! – OCENA SKŁADU PIERWIASTKOWEGO SUPLEMENTÓW DIETY WSPIERAJĄCYCH ODPORNOŚĆ

Aleksandra Pawełczyk

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

***Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź***

Suplementy diety wspomagające odporność stanowią obecnie jedną z najczęściej wybieranych grup preparatów dostępnych na rynku. Szczególne znaczenie przypisuje się produktom zawierającym cynk, będący jednym z kluczowych mikroelementów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Pierwiastek ten uczestniczy w licznych procesach metabolicznych i enzymatycznych, wpływa na syntezę białek oraz hormonów, a także odgrywa istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu komórek układu odpornościowego. Niedobór cynku może prowadzić do osłabienia odpowiedzi immunologicznej oraz zwiększonej podatności organizmu na infekcje [1]. W związku z rosnącą popularnością suplementów diety istotne staje się monitorowanie ich rzeczywistego składu oraz ocena zgodności deklarowanej zawartości składników z danymi podawanymi przez producentów.

Celem niniejszej pracy była ocena składu pierwiastkowego suplementów diety przeznaczonych do wspomagania odporności, zawierających cynk. Zakres pracy obejmował przegląd aktualnej literatury naukowej dotyczącej znaczenia cynku w organizmie człowieka, charakterystyki suplementów diety wspierających odporność oraz metod analitycznych stosowanych do oceny ich składu pierwiastkowego. Materiał badawczy stanowiło 28 preparatów handlowych dostępnych na rynku polskim (apteki, sklepy internetowe), w tym 17 suplementów w postaci kapsułek oraz 11 w formie syropów.

Próbki poddano odpowiedniemu przygotowaniu obejmującemu proces mineralizacji w układzie zamkniętym z udziałem mikrofal (UltraWave, Milestone), a następnie oznaczono ich skład pierwiastkowy z wykorzystaniem spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES, iCAP 7000 Series firmy Thermo Fisher Scientific). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej i chemometrycznej.

Przeprowadzone badania umożliwiły ocenę jakości wybranych suplementów diety dostępnych na rynku oraz podkreśliły znaczenie kontroli ich składu pierwiastkowego w kontekście bezpieczeństwa i skuteczności stosowania preparatów wspomagających odporność organizmu.

[1] M. Szcześniak, B. Grimling, J. Meler, Cynk – pierwiastek zdrowia, Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, Uniwersytet Medyczny, Wrocław.

NANOCZĄSTKI TLENKU KRZEMU JAKO POTENCJALNY SKŁADNIK INTELIWENTNYCH NANONAWOZÓW

Filip Kręgiel

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

Opiekun: **dr inż. Monika Pietrzak**

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

Badania nad efektywnością prowadzenia upraw są realizowane od wielu lat. W ostatnich latach tematem podjętym przez badaczy jest ocena przydatności związków krzemu jako środka łagodzącego niekorzystne warunki środowiska, a dodatkowo intensyfikującego metabolizm roślin. Krzem jest drugim najpowszechniej występującym pierwiastkiem w skorupie ziemskiej. Najczęściej występuje w postaci tlenku krzemu(IV), czyli w formie nieprzyswajalnej dla roślin. Dodatkowo zdolność korzeni do pobierania krzemu w postaci przyswajalnej jest różna, co najprawdopodobniej jest główną przyczyną różnic w akumulacji Si przez rośliny [1]. Zainteresowanie nanocząstkami krzemu wzrosło po licznych badaniach, w których udowodniono, że suplementacja nanometrycznym krzemem powoduje wzrost tolerancji na stres abiotyczny i odporność na choroby [2].

W prezentowanej pracy przedstawiono metodykę badań grochu cukrowego typu 'Iłowiecki' oraz wyniki z pomiarów chlorofilu, świeżej i suchej masy oraz zawartości metali niezbędnych do prawidłowego procesu fotosyntezy: Cu, Fe, Mn i Zn.

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement no. 101131765 (EXCITE2) for Transnational Access conducted at University of Porto. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Commission. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them

- [1] W. Pan, H.-J. Zhang, Y.-F. Zhang, M. Wang, M. T.-K. Tsui, L. Yang, A.-J. Miao, *Nanoscale* 15 (2023) 15079.
- [2] J. A. Bhat, N. Rajora, G. Raturi, S. Sharma, P. Dhiman, S. Sanand, S. M. Shivaraj, H. Sonah, R. Deskmukh, *Nanoscale Advances* 3 (2012) 4019.

SUPLEMENTY DIETY POD LUPĄ – ANALIZA PIERWIASTKOWA PREPARATÓW WSPIERAJĄCYCH GOSPODARKĘ HORMONALNĄ KOBIEC

Aleksandra Kobalczyk

Promotor: **dr inż. Elżbieta Maćkiewicz**

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

Współczesny tryb życia jest wypełniony pośpiechem, stresem, przetworzoną żywnością oraz toksynami środowiskowymi, co może powodować nasilenie problemów hormonalnych u kobiet. Wywołują one szereg uciążliwych objawów, często nie pozostając bez wpływu na płodność. Prawidłowe funkcjonowanie gospodarki hormonalnej zależne jest od wielu złożonych czynników. Jednym z nich jest odpowiednia podaż składników mineralnych, niezbędnych do przebiegu wielu procesów metabolicznych. Znaczącą funkcję pełnią pierwiastki takie jak: magnez, cynk, selen, miedź oraz chrom, działające wielopoziomowo. Magnez działa wspierająco na układ nerwowy, ograniczając negatywne skutki stresu, natomiast miedź i cynk biorą udział w syntezie i przemianach hormonów płciowych. Chrom może wykazywać działanie stabilizujące gospodarkę glukozowo-insulinową, co oddziałuje na zdrowie hormonalne organizmu. Selen stanowi kolejny kluczowy element o działaniu regulacyjnym, działając korzystnie na pracę tarczycy oraz płodność.

Celem pracy magisterskiej była analiza pierwiastkowa wybranych suplementów diety oraz ocena zgodności rzeczywistego składu. W ramach pracy przygotowując 20 próbek suplementów diety, po cztery z każdej grupy: zawierające Mg, Zn, Cr, Se oraz Cu. Próbki zmineralizowano je w układzie zamkniętym z udziałem stężonych kwasów oraz mikrofal (UltraWave, Milestone). Skład pierwiastkowy zbadano przy użyciu spektrometru ICP-OES (iCAP 7000 Series, Thermo Scientific) oraz analizatora rtęci MA-3000 (Nippon Instrument Corp.). Uzyskane wyniki analiz opracowano przy użyciu metod statystycznych i chemometrycznych.

[1] A. Mehri, Trace elements in human nutrition (II) – An update, International Journal of Preventive Medicine, 2020.

[2] N. Gondek, Hormony bez tabu. Nowe podejście do zdrowia kobiet oparte na medycynie stylu życia, Wydawnictwo Muza, 2025.

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

WYKORZYSTANIE POCHODNYCH AZIRYDINY W SYNTEZIE CHIRALNYCH ZWIĄZKÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH LUMINESCENCYJNYCH

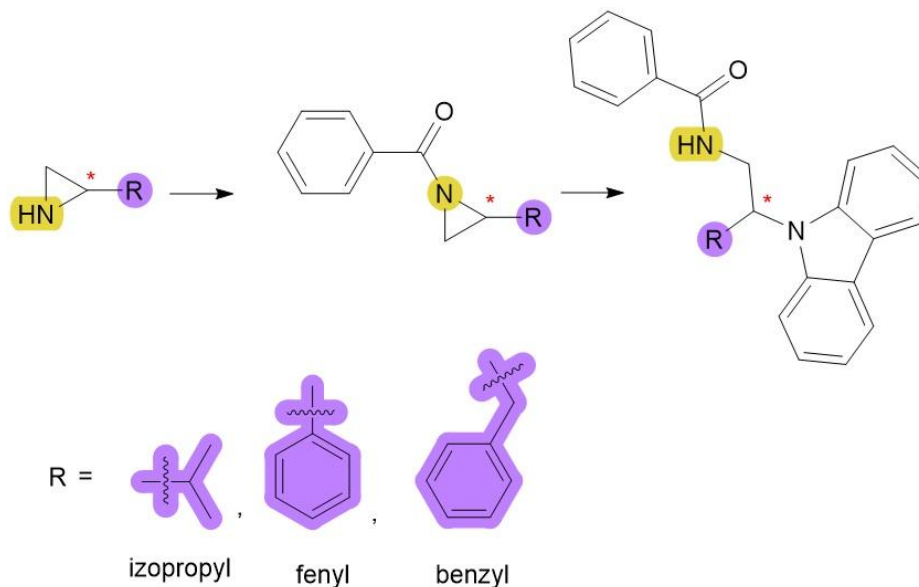
Ilona Wnuk

Promotor: prof. dr hab. Michał Rachwański

Opiekun: dr Adam Marek Pieczonka

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

Perowskity to innowacyjne materiały optoelektroniczne. Wprowadzenie do ich struktury molekuł organicznych pozwala na tworzenie tzw. chiralnych perowskitów, które dzięki zjawiskom takim jak chiralna selektywność spinowa (CISS) wykazują ogromny potencjał w fotowoltaice i spintronice. Celem badań było opracowanie wieloetapowej syntezy nowych, chiralnych komponentów organicznych, mogących pełnić rolę warstw transportujących ładunki w perowskitach. Zsyntetyzowano bibliotekę pochodnych karbazolu o potencjalnych właściwościach luminescencyjnych, wykorzystując jako substraty chiralne azirydiny o różnej zawadzie przestrzennej (R = izopropyl, fenyl, benzyl). Kluczowym etapem była aktywacja pierścienia azirydiny poprzez N-benzoilowanie. Umożliwiło to regioselektywne, nukleofilowe otwarcie trójcłonowego układu przez karbazol. Dzięki obecności masywnego podstawnika, atak nukleofila zachodził z pełną selektywnością wyłącznie na pozycję CH₂. Opracowana metoda pozwoliła na otrzymanie z wysoką wydajnością nowych, chiralnych układów, stanowiących perspektywiczne materiały do budowy nowoczesnych urządzeń optoelektronicznych.



Schemat 1. Strategia syntezy chiralnych pochodnych karbazolu poprzez regioselektywne otwarcie pierścienia N-benzoiloazirydiny

NIEKONWENCJONALNE METODY SYNTEZY NOWYCH FLUOROFORÓW NAFTALIMIDOWYCH

Julia Głowińska

Promotor: dr Szymon Jarzyński

Opiekun: dr Szymon Jarzyński

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

Współcześnie coraz większe znaczenie w syntezie organicznej zyskuje sonochemia, czyli wykorzystanie ultradźwięków do inicjowania reakcji chemicznych. Efekt sonochemiczny wynika przede wszystkim ze zjawiska kawitacji akustycznej, prowadzącej do powstawania lokalnych obszarów o bardzo wysokiej temperaturze i ciśnieniu. Warunki te mogą znacząco przyspieszać przebieg reakcji, zwiększać wydajność produktów oraz poprawiać selektywność procesów w porównaniu z metodami klasycznymi. Dodatkową zaletą sonochemii jest możliwość prowadzenia reakcji w łagodniejszych warunkach oraz ograniczenia zużycia rozpuszczalników i energii, co wpisuje tę metodę w założenia zielonej chemii [1]. Zastosowanie sonochemii jest szczególnie interesujące w syntezie związków o potencjalnym znaczeniu biologicznym, takich jak pochodne naftalimidowe. Cząsteczki zawierające fragment naftalimidowy wykazują szerokie spektrum właściwości przeciwnowotworowych, co czyni je atrakcyjnymi kandydatami do dalszych badań w chemii leków. Ich płaska, aromatyczna struktura umożliwia interkalację w DNA komórek nowotworowych oraz zaburzenie aktywności topoizomerazy II [2]. Głównym celem prezentowanego projektu jest opracowanie niekonwencjonalnej, wspomaganiej ultradźwiękami syntezy nowych pochodnych naftalimidowych o potencjalnych właściwościach przeciwnowotworowych. Kluczowym związkiem wyjściowym do otrzymania docelowych produktów będzie bezwodnik 4-bromo-1,8-naftalowy.



Rysunek 1. Synteza pochodnych naftalimidowych z wykorzystaniem sonochemii

*Praca sfinansowana w ramach projektu: X edycji Studenckich Grantów Badawczych
Uniwersytetu Łódzkiego*

[1] R.F. Martinez, G. Cravotto, P. Cintas, J. Org. Chem. 86 (2021) 13833.

[2] M.D. Tomczyk, K.Z. Walczak, European J. Med. Chem. 159 (2018) 393.

SYNTEZA I BADANIA FIZYKOCHEMICZNE NOWYCH DIRODNIKÓW BENZOTRIAZYNYLOWYCH

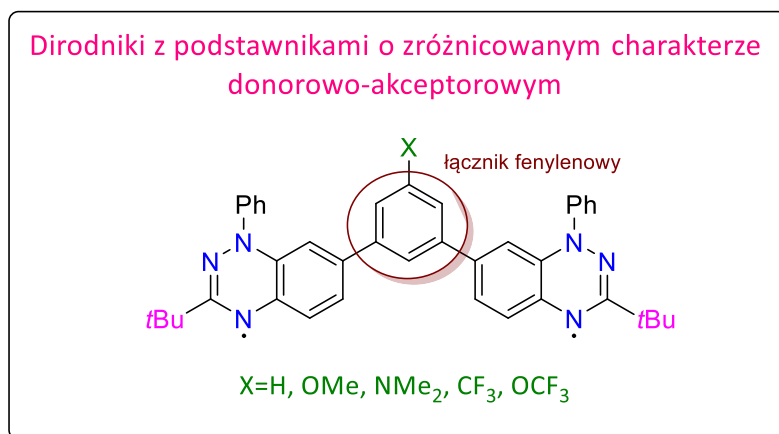
Oliwia Rewerska

Promotor: dr inż. Paulina Bartos

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

W ostatnich latach intensywny rozwój elektroniki molekularnej oraz wzrastające zainteresowanie nowoczesnymi materiałami funkcjonalnymi przyczyniły się do zwiększenia zainteresowania układami o otwartopowłokowej strukturze elektronowej. Wśród nich szczególną uwagę zwracają stabilne rodniki Blattera oraz ich pochodne – dirodniki benzotriazynyłowe – charakteryzujące się unikalnymi właściwościami fizykochemicznymi [1]. Obecność dwóch niesparowanych elektronów zlokalizowanych na odrębnych centrach atomowych umożliwia występowanie tych układów zarówno w stanie singletowym, jak i trypletowym, co prowadzi do oddziaływań anty- lub ferromagnetycznych. Właściwości te czynią dirodniki obiecującymi komponentami materiałów przeznaczonych do zastosowań w zaawansowanych technologiach [2].

Celem pracy była synteza nowych dirodników benzotriazynyłowych połączonych mostkiem fenylenowym zawierającym podstawniki o zróżnicowanych właściwościach donorowo-akceptorowych (Rys. 1). Kluczowe prekursory – bisbenzotriazyny – otrzymano z odpowiednich benzo[e][1,2,4]triazyn metodą sprzęgania Suzuki-Miyaura, a następnie poddano reakcji z fenylolitem (PhLi), prowadzącej do otrzymania docelowych związków. Na posterze zaprezentowane zostaną wyniki przeprowadzonych syntez oraz optymalizacja warunków reakcji.



Rysunek 1. Dirodniki benzotriazynyłowe połączone łącznikiem fenylenowym z podstawnikami o zmiennym charakterze elektronowym

[1] D. Pomikło, A. Pietrzak, R. Kishi, P. Kaszyński, Mater. Chem. Front. 7 (2023) 4928-4943.

[2] D. Pomikło, P. Szamweber, A. Pietrzak, P. Kaszyński, Mater. Chem. Front. 8 (2024) 3344-3357.

HYDRAZONY I AZYNY, POCHODNE ALDEHYDU SALICYLOWEGO JAKO ZWIĄZKI LUMINESCENCYJNE W CIELE STAŁYM – SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA

Maja Skrobek

Promotor: dr Adam Marek Pieczonka

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

Celem moich badań była synteza nowych związków wykazujących właściwości luminescencyjne w ciele stałym z możliwością zastosowania ich w warstwach emisyjnych organicznych diod elektroluminescencyjnych OLED. Zależało mi na otrzymaniu takich związków, które będą posiadały duże przesunięcie Stokes'a, aby uniknąć niekorzystnego zjawiska jakim jest samoabsorpcja. Podczas badań skupiłam się przede wszystkim na hydrazonach oraz azynach będących pochodnymi aldehydu salicylowego, które były idealnymi kandydatami do spełnienia postawionych celów, ze względu na ich zdolność do tautomeryzacji keto-enolowej oraz powinowactwa do wykazywania mechanizmu ESIPT, czyli ultraszybkiego, fotoindukowanego wewnątrzcząsteczkowego przeniesienia protonu w stanie wzbudzonym. Dodatkowo, dzięki analizie właśnie tych grup związków pochyliłam się nad zbadaniem ich zdolności do wykazywania emisji indukowanej agregacją (eng. Aggregation induced emission, AIE), co jest niezwykle ważne w kontekście wykorzystania otrzymanych związków w stałych warstwach emisyjnych OLED-ów.



Otrzymane hydrazony oraz azyny wykazujące właściwości luminescencyjne

PRÓBY EDYCJI MOLEKULARNEJ 3-CF₃-1,2,4-TRIAZYN W REAKCJI Z ACETYLENAMI

Barbara Olszewska

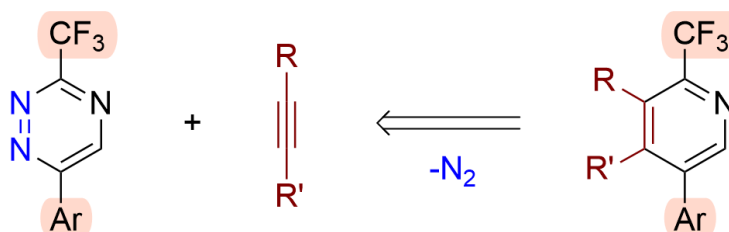
Promotor: dr hab. Marcin Jasiński, prof. UŁ

Opiekun: dr Greta Utecht-Jarzyńska

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

Koncepcja edycji molekularnej (*molecular editing*) zakłada precyzyjne przekształcanie istniejących struktur chemicznych poprzez modyfikację ich rdzenia, bez konieczności budowania cząsteczki od podstaw. Szczególne znaczenie w tym obszarze mają procesy *skeletal editing*, pozwalające na wymianę atomów w pierścieniu rdzenia [1, 2]. Wśród szczególnie interesujących produktów tego typu transformacji znajdują się fluorowane pochodne pirydyny, szeroko wykorzystywane w chemii medycznej [3], materiałowej [4] oraz agrochemii [5] ze względu na unikatowe właściwości elektronowe, zwiększoną stabilność metaboliczną oraz możliwość modulowania aktywności biologicznej.

W ramach niniejszego projektu, wychodząc z odpowiednio zaprojektowanych 3-CF₃-1,2,4-triazyn, podjęto próbę transmutacji rdzenia 1,3,4-triazynowego do szkieletu pirydynowego poprzez reakcje z wybranymi acetylenami. Zaprojektowane przekształcenia obejmują cykloaddycję Dielsa–Aldera o odwróconym zapotrzebowaniu elektronowym (IEDDA) oraz następczą eliminacją cząsteczki azotu [6].



Schemat transmutacji fluorowanych 1,2,4-triazyn do pochodnych pirydyny w reakcji IEDDA

Praca sfinansowana w ramach Studenckich Grantów Badawczych Uniwersytetu Łódzkiego

- [1] R. Sharma, M. Arisawa, S. Takizawa, M. S. H. Salem, *Org. Chem. Front.* 12 (2025) 1633–1670.
- [2] S. H. Kennedy, B. D. Dherange, K. J. Berger, M. D. Levin, *Nature*, 593 (2021) 223–227.
- [3] C. Ma, C. W. Lindsley, J. Chang, B. Yu, *J. Med. Chem.* 67 (2024) 11459–11466.
- [4] M. Sheokand, Y. Rout, R. Misra, *J. Mater. Chem. C*, 10 (2022) 6992–7017.
- [5] Y. Ogawa, A. Nakayama, S. Kuwahara, T. Yamamoto, K. Sawada, T. Kumakura, *Pest. Manage. Sci.* 67 (2011) 1074–1084.
- [6] V. Šlachtova, V. Motornov, P. Beier, M. Vrabel, *Chem. Eur. J.* 30 (2024) 202400839.

MODYFIKACJE FERROCENU CELEM ZWIĘKSZENIA HYDROFILOWOŚCI UKŁADU

Monika Kusiak

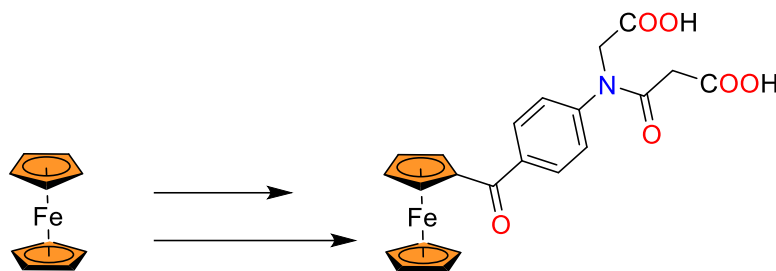
Promotor: dr Michał Piotrowicz

Opiekun: dr Michał Piotrowicz

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

Ferrocen to związek metaloorganiczny cechujący się trwałością, stabilnością oraz posiadający właściwości redoks-aktywne. Dzięki swojej budowie oraz reaktywności elektrochemicznej ferrocen jak i jego pochodne posiadają szerokie zastosowanie m.in. jako komponenty sond elektrochemicznych, biomolekuły oraz nowoczesne materiały redoks [1]. Ze względu na rosnące zapotrzebowanie na nowe materiały poszukuje się kolejnych nowych pochodnych, które będą rozpuszczalne w wodzie, ekologiczne i tanie.

Niniejsza praca stanowi podsumowanie badań nad syntezą nowych pochodnych ferrocenu posiadających hydrofilowy fragment składający się z trzeciorzędowego amidu i dwóch grup karboksylowych. Otrzymanie takiej pochodnej otwiera dalszą drogę do badań elektrochemicznych, a tym samym do potencjalnego zastosowania pochodnych w materiałach redoks (Schemat 1) [2].



Schemat 1. Schemat syntezy materiału redoks-aktywnego

*Badania zostały sfinansowane ze środków UŁ w ramach Studenckich Grantów Badawczych
- edycja 2026*

[1] P. Štěpnička, Dalton Trans. 51 (2022) 8085-8102.

[2] M. Piotrowicz, N. Masłowska, R. Dziewiątkowska, A. Makal, B. Rudolf, J. Org. Chem. 90 (2025) 2958-2968.

OCENA WPŁYWU INOKULACJI ŚRODOWISKOWYCH IZOLATÓW TRICHODERMA SPP. NA KIEŁKOWANIE I WZROST PSZENICY ZWYCZAJNEJ (TRITICUM AESTIVUM L.) – PORÓWNANIE MODELU SZALKOWEGO I GLEBOWEGO

Krzysztof Jan Boczar^{1,2}

Promotor: **dr hab. Mirosława Słaba, prof. UŁ¹**

Opiekun: **dr hab. Mirosława Słaba, prof. UŁ¹**

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

²**Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Studenckie Koło Naukowe Biotechnologiczno-Mikrobiologiczne Bio-Mik, ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź**

Grzyby z rodzaju *Trichoderma* są powszechnie wykorzystywane w rolnictwie jako mikroorganizmy o potencjale biostymulacyjnym i ochronnym. Stanowią one istotny element badań nad zrównoważonymi metodami wspomagania produkcji roślinnej ze względu na swoją charakterystykę oraz potencjał do wchodzenia w symbiotyczne relacje z roślinami, w tym uprawnymi. Pomimo licznych doniesień dotyczących ich korzystnego działania, oddziaływania *Trichoderma* na rośliny są szczepezależne i wymagają one dalszej analizy w różnych układach eksperymentalnych.

Celem badań była ocena wpływu izolatów środowiskowych grzybów z rodzaju *Trichoderma* na wzrost oraz wybrane parametry fizjologiczne pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) odmiany Owacja w dwóch modelach doświadczalnych: szalkowym oraz glebowym (w doniczkach).

W modelu szalkowym nasiona *T. aestivum* L. wysiewano na szalkach, w których znajdowały się wilgotne sączi bibułowe oraz inokulowano zawiesiną zarodników badanych szczepów. Rośliny uprawiano w kontrolowanych warunkach przez 10 dni. W modelu glebowym nasiona wysiewano do podłoża glebowego w doniczkach i również podano inokulację, a rośliny uprawiano 28 dni. W obu wariantach modeli analizowano: efektywność kiełkowania, długość oraz świeżą masę części nadziemnej i podziemnej rośliny, zawartość chlorofilu oraz poziom peroksydacji lipidów oznaczonych metodą TBARS, jako wskaźnik stresu oksydacyjnego.

Uzyskanie wyników wskazuje, że inokulacja zarodnikami szczepów *Trichoderma* spp. wpływała na badane parametry wzrostowe pszenicy w obu modelach eksperymentalnych, przy czym charakter oraz zakres zmian były szczepezależne oraz bezpośrednio związane z wykorzystanym modelem. W modelu szalkowym, odpowiedź roślin była wyraźniejsza, zaś w modelu glebowym obserwowano bardziej umiarkowany efekt. Oprócz parametrów wzrostowych, różnice dotyczyły także poziomu chlorofilu oraz peroksydacji lipidów, co wskazuje na odmienną dynamikę zmian fizjologicznych w obu układach. Otrzymane wyniki podkreślają znaczenie doboru odpowiedniego modelu badawczego przy ocenie oddziaływania rodzaju *Trichoderma* na rośliny.

Praca sfinansowana w ramach grantu NCN, Kraków grant Nr UMO 2020/39/B/NZ9/00471

MISSION: IMPOSSIBLE? WILL PROTAC MAKE IT POSSIBLE? OPRACOWANIE SYNTEZY OLIGO-PROTAC MODYFIKOWANYCH ZA POMOCĄ LIGANDA VHL

Weronika Wolna

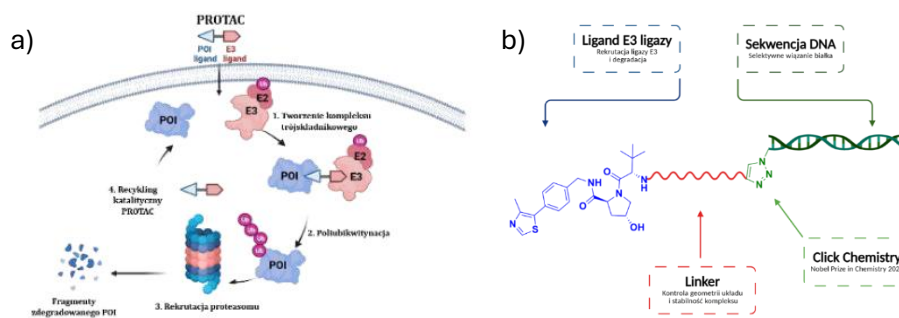
Promotor: dr hab. Katarzyna Błażewska¹

Opiekun: dr Ewa Radzikowska-Cieciura², dr Joanna Małolepsza¹

¹*Instytut Chemii Organicznej, Wydział Chemii, Politechnika Łódzka, ul. Żeromskiego 116, Łódź*

²*Zakład Chemii Bioorganicznej, CBMiM PAN, ul. Sienkiewicza 112, Łódź*

Technologia PROTAC (Proteolysis Targeting Chimera) stanowi jedno z najbardziej obiecujących narzędzi współczesnej chemii leków, otwierając drogę do regulacji celów terapeutycznych, uznawanych do tej pory za “nielekowalne” (ang. undruggable). W przeciwieństwie do klasycznych inhibitorów, które najczęściej jedynie blokują aktywność białka, cząsteczki PROTAC prowadzą do jego degradacji. PROTAC to bifunkcyjna cząsteczka, która rozpoznaje białko docelowe, jednocześnie rekrutując ligazę E3 odpowiedzialną za degradację białka [1]. Skuteczność cząsteczek PROTAC zależy od trzech elementów: liganda ligazy E3, łącznika oraz liganda białka docelowego [2]. Oligo-PROTAC stanowią rozszerzenie klasycznej strategii PROTAC, w której funkcję rozpoznającą cel biologiczny pełni sekwencja oligonukleotydu. Dzięki zdolności oligonukleotydów do selektywnego oddziaływania z białkami wiążącymi DNA możliwe staje się projektowanie układów kierujących wybrane czynniki transkrypcyjne do degradacji, co ma szczególne znaczenie, ponieważ białka te należą do wyjątkowo trudnych celów terapeutycznych [3]. W mojej pracy skoncentrowałam się na opracowaniu oligo-TRAFTAC ukierunkowanych na czynnik transkrypcyjny Brachyury, z wykorzystaniem liganda E3 ligazy VHL.



Rysunek 1. a) Mechanizm działania PROTAC. b) Struktura oligo-PROTAC.

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu Preludium Bis
nr 2020/39/O/ST4/01360

[1] C. J. Diehl, A. Ciulli. Chem. Soc. Rev. 51 (2022) 8216.

[2] T. Sobierajski, J. Małolepsza, M. Pichlak, E. Gendaszewska-Darmach, K. M. Błażewska, Drug Discov. Today. 29 (2024) 104032.

[3] P. Raschke, S. Notova, V. Gatterdam, A. Frutiger, A. Brunschweiler, ChemRxiv. 22 (2026).

MIKROPLASTIK (W)OKÓŁ NAS – POZOSTAŁOŚCI TWORZYW SZTUCZNYCH W TARCZYCY A WYSTĘPOWANIE NOWOTWORU

inż. Marta Góralczyk

Promotor: dr inż. Joanna Lewandowska

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

Współczesne badania naukowe coraz częściej zwracają uwagę na mikroplastik, szczególnie w kontekście jego wszechobecności w środowisku naturalnym i nieuchronną migrację do organizmów żywych [1]. Choć jego obecność w układzie pokarmowym czy oddechowym jest udokumentowana to bezpośrednia kumulacja w narządach oraz potencjalny wpływ na procesy biologiczne czy onkogenezę wciąż stanowi obszar wymagający badań [2].

Do realizacji badań wykorzystano metodę spektrometrii mas MALDI-MS, która pozwoliła na zarejestrowanie widm wzorcowych dla najczęściej występujących polimerów, takich jak polipropylen (PP), polietylen (PE), polistyren (PS) oraz poli(glikol etylenowy) (PEG) [3]. Zastosowanie techniki obrazowania MALDI-IMS na fragmentach tkanek pozyskanych z Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi umożliwiło wykrycie mikroplastiku w strukturze tkankowej, zarówno ze zmianami nowotworowymi jak i bez nich.

Przeprowadzona analiza statystyczna uzyskanych danych umożliwiła zauważenie korelacji między intensywnością kumulacji danego rodzaju mikroplastiku a zmianami nowotworowymi spowodowanymi przez raka brodawkowatego tarczycy. Dodatkowym elementem badań była identyfikacja specyficznych dodatków polimerowych, co pozwoliło na szersze spojrzenie na charakterystykę syntetycznych związków obecnych w badanym materiale histopatologicznym.

[1] U. Saha, et al., *Materials Today Bio* 27 (2024). 101139.

<https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101139>

[2] E. Dzierżyński, et al., *Archives of Toxicology* 99 (2025) 4051–4066. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04092-2>

[3] P. Wu, et al., *Analytical Chemistry* 92(21) (2020). 14346–14356.

<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01928>

PROJEKTOWANIE I SYNTEZA NOWYCH CHIRALNYCH KATALIZATORÓW BIFUNKCYJNYCH I ICH ZASTOSOWANIE W ASYMETRYCZNEJ ORGANOKATALIZIE

Weronika Artkop

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

Opiekun: **dr Beata Łukasik**

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

Współczesny przemysł chemiczny poświęca szczególną uwagę opracowaniu ścieżek syntetycznych, które skutkują powstawaniem produktów z jak największą wydajnością oraz czystością optyczną. Otrzymywanie substancji optycznie czystych ma ogromne znaczenie, zwłaszcza w sektorze farmaceutycznym, kosmetycznym czy spożywczym, ponieważ każdy z enancjomerów tego samego związku chemicznego może mieć odmienny wpływ na organizm.

Celem mojej pracy badawczej było zaprojektowanie i otrzymanie związków organicznych, które mogą pełnić rolę katalizatorów w syntezie asymetrycznej. Istotnym elementem konstrukcji związków docelowych są klastry karboranowe (tzw. karborany), które cechują się wyjątkowymi właściwościami elektronowymi i w zależności od zmiany parametrów sterycznych mogą się mieć działanie silnie elektronoakceptorowe lub elektrondonorowe [1]. W mojej pracy skupiłam się na syntezie katalizatorów zawierających klatkę *meta*-karboranu z podstawieniem na atomie boru. Związki zostały scharakteryzowane za pomocą standardowych metod analitycznych, w tym techniką NMR, MS czy HPLC. Działanie katalizatorów zostanie następnie zbadane poprzez użycie w znanych reakcjach organicznych oraz porównane z klasycznymi chiralnymi katalizatorami bifunkcyjnymi [2].

[1] J. Schulz, R. Clauss, A. Kazimir, S. Holzknicht, E. Hey-Hawkins, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2023) 62.

[2] M. Ivkovic, F. Franco, S. Rossi, S. Ferrario, A. Puglisi, M. Benaglia, *Molecules* 31(1) (2025) 141.

OCENA JAKOŚCIOWA PRZETWORÓW OWOCOWYCH Z PIGWOWCA JAPOŃSKIEGO

Gabriela Baranowska

Promotor: **prof. dr hab. Grażyna Budryn**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Joanna Grzelczyk**

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

Owoce pigwowca japońskiego stosowane są w przetworach owocowych ze względu na ich wartości odżywcze, intensywność w smaku oraz możliwość zastosowania jako dodatku o wielu funkcjach technologicznych, takich jak kształtowanie struktury, poprawa trwałości [1, 2]. Celem pracy była ocena jakości wybranych przetworów owocowych z udziałem pigwowca, dostępnych na rynku, w tym trzech produktów handlowych oraz jednego produktu pochodzącego bezpośrednio od wytwórcy, na podstawie analiz sensorycznych, fizykochemicznych oraz oznaczeń aktywności biologicznej. Zakres badań obejmował ocenę sensoryczną, oznaczenie zawartości wody, aktywności wody, pH, barwy metodą instrumentalną, aktywności antyoksydacyjnej, sumy związków polifenolowych metodą Folina–Ciocalteu'a oraz oznaczenie kwasowości lotnej przetworów owocowych zgodnie z normą PN-A-75101/05:1990, zawartość witaminy C, zawartość błonnika i wybranych minerałów, inaktywację alfa-glukozydazy, wyznaczenie indeksu glikemicznego *in vitro* i ładunku glikemicznego oraz parametry tekstury.

Analizy wykazały najwyższą akceptowalność sensoryczną dżem z pigwowca z jabłkami firmy z pigwowca, spośród badanych dżemów. Najmniej akceptowalny był dżem firmy Gina. Jest to związane z gliniastą strukturą dżemu, który został wyprodukowany tylko z niewielkiej zawartości soku. Najniższym indeksem gimicznym charakteryzował się dżem Sam-smak, co również wiązało się z wysoką inaktywacją α -glukozydazy. Dżem od wytwórcy charakteryzował się wysoką zawartością minerałów. Sam-smak i BIO pigwowiec miały najwyższą zawartość polifenoli i wysoką aktywnością antyoksydacyjną.

[1] A. Antoniewska, J. Rutkowska, A. Adamska, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 24(2017), 5–15.

[2] J. Gawęcka, T. Jędryka. *Analiza sensoryczna: wybrane metody i przykłady zastosowań*.

BADANIA NAD WYKORZYSTANIEM AMINALOWEJ GRUPY OCHRONNEJ FUNKCJI FORMYLOWEJ W SYNTEZIE MODYFIKOWANYCH OLIGORYBONUKLEOTYDÓW

Katarzyna Madalińska

Promotor: **dr Agnieszka Dziergowska**

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

Badania statusu modyfikowanych kwasów nukleinowych w różnych procesach metabolicznych prowadzone przez multidyscyplinarne zespoły badawcze zawsze wymagają dostępu do wzorców nukleozydów oraz modelowych, modyfikowanych oligonukleotydów. Niniejsza prezentacja dotyczy opracowania wydajnej, alternatywnej do istniejących, metodyki syntezy oligorybonukleotydów zawierających odkrytą w mitochondrialnych tRNA 5-formylocytydynę. Rozwiązywanym problemem są reakcje uboczne elektrofilowej grupy formylowej z odczynnikami nukleofilowymi stosowanymi zarówno podczas syntezy oligorybonukleotydu, jak i na etapie deprotekcji grup ochronnych docelowego produktu. Opracowano zastosowanie grupy ochronnej w postaci osłoniętego funkcją *tert*-butylodmetylosililową hemiaminalu. Badania wykonano najpierw na łatwiejszej do uzyskania 5-formylourydydzie, a następnie na docelowej 5-formylocytydydzie. Zoptymalizowano metodykę syntezy nukleozydu zawierającego wspomnianą osłonę. Udowodniono trwałość hemiaminalu w warunkach syntezy oligorybonukleotydów oraz przetestowano deprotekcję grupy formylowej f^5U i f^5C . Wykonano i zoptymalizowano kluczowe etapy syntezy docelowych jednostek monomerycznych [1–2].

Praca sfinansowana w ramach grantu: NCN UMO-2021/43/B/ST4/01570: Synteza i badania strukturalne/biofizyczne modelowych oligomerów mRNA/mt-tRNA w celu określenia roli modyfikowanych nukleozydów (m5C, hm5C, f5C, ca5C, m1G) w translacji i chorobach człowieka

- [1] M. Bors, A. Kuszczynska, G. Leszczynska, K. Podkoczyj, *Organic & Biomolecular Chemistry* 22(36) (2024) 7271–7286.
[2] L. G. Quan, J. K. Cha, *Synlett*, 2001(12) (2001) 1925–1926.

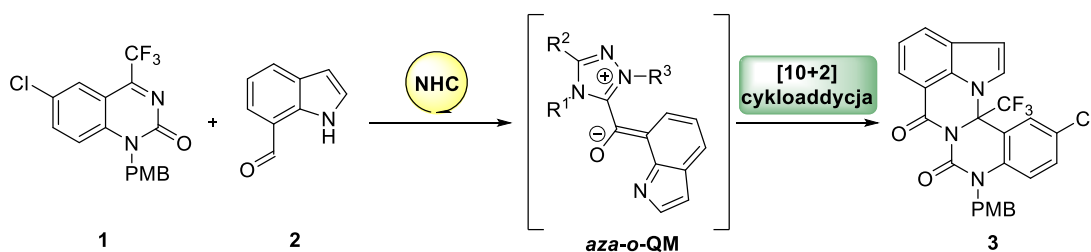
INDOLO-7-KARBALEDEHYD W KATALIZOWANEJ N-HETEROCYKLICZNYMI KARBENAMI ENANCJOSELEKTYWNEJ REAKCJI HETERO-[10+2]-CYKLOADDYCJI Z UDZIAŁEM CYKLICZNYCH KETIMIN

Adam Sławski

Promotor: dr inż. Anna Skrzyńska

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

Prezentowana praca dotyczy badań nad enancjoselektywną cykloaddycją wyższego rzędu (ang. higher-order cycloaddition) pomiędzy pochodnymi cyklicznych ketimin a pochodnymi indolo-7-karbaldehydu. Przeprowadzone badania obejmowały optymalizację warunków reakcji modelowej, co umożliwiło otrzymanie produktów z wysoką wydajnością oraz enancjoselektywnością. W dalszej części prac zbadano zakres stosowalności opracowanej metody, wykorzystując szereg zróżnicowanych strukturalnie ketimin oraz pochodnych indolo-7-karbaldehydu. Reakcje opracowano i prowadzono w warunkach bezwodnych i beztlenowych w małej skali laboratoryjnej. Zaproponowano również mechanizm reakcji, który następnie poddano weryfikacji w oparciu o dodatkowe eksperymenty. Ponadto, przeprowadzono transformacje otrzymanych produktów reakcji cykloaddykcji typu [10+2], obrazując dalszy potencjał syntetyczny uzyskanych tą metodą układów policyklicznych.



Schemat ogólnej reakcji

Praca wykonana w ramach projektu „Game of electrons: novel higher-order cycloadditions for organic synthesis” finansowanego z programu Opus (2021/41/B/ST4/03385) Narodowego Centrum Nauki

WPŁYW KANNABINOIDÓW I EKSTRAKTÓW KONOPNYCH NA NEUROZAPALENIE I STRES OKSYDACYJNY: BADANIA *IN VITRO*

Oliwia Łukanowska

Promotor: dr inż. Eliza Korkus

Opiekun: prof. dr hab. Edyta Gendaszewska-Darmach

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

Układ endokannabinoidowy (ECS) odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu homeostazy biologicznej, w tym w regulacji funkcji ośrodkowego układu nerwowego. Jest on modulowany przez endokannabinoidy, fitokannabinoidy oraz syntetyczne kannabinoidy, które wywierają swoje działanie przede wszystkim poprzez receptory sprzężone z białkiem G (GPCR), głównie CB1 i CB2, aktywując zróżnicowane wewnątrzkomórkowe szlaki sygnalizacyjne [1]. Najnowsze badania sugerują, że kannabinoidy mogą wykazywać potencjał neuroprotektoryjny, co czyni je obiecującymi związkami bioaktywnymi w profilaktyce chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera i choroba Parkinsona. Zastosowanie kannabinoidów pozostaje jednak kontrowersyjne, częściowo ze względu na niewystarczające dowody naukowe oraz niechęć społeczną [2, 3].

Celem niniejszej pracy jest zbadanie, w jaki sposób czyste kannabinoidy (THC, CBD, CBN) oraz standaryzowane ekstrakty konopne modulują funkcje neuronalne, z potencjalnym działaniem opóźniającym progresję chorób neurodegeneracyjnych. W badaniach wykorzystano ekstrakty konopne przygotowane różnymi metodami ekstrakcji, co umożliwiło porównanie ich aktywności biologicznej w zależności od sposobu otrzymania i wynikającego z niego składu chemicznego. Jako model badawczy wybrano ludzkie komórki neuroblastomy SH-SY5Y. Ocena cytotoksyczności została wykonana z wykorzystaniem testów PrestoBlue oraz MTT, co umożliwiło wyznaczenie bezpiecznego zakresu stężeń do dalszych analiz. Stres oksydacyjny oceniono przy użyciu fluorescencyjnego testu enzymatycznego, natomiast aktywność przeciwzapalną badanych związków oceniono poprzez pomiar stężenia prozapalnych cytokin.

Przeprowadzone badania czystych związków oraz ekstraktów umożliwią kompleksową ocenę ich aktywności biologicznej oraz porównanie efektów *in vitro*, stanowiąc podstawę do dalszych badań nad ich potencjalnym zastosowaniem w technologii żywności, w szczególności w opracowywaniu żywności funkcjonalnej i bioaktywnych składników o właściwościach prozdrowotnych.

Praca wykonana w ramach grantu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” pt. „The impact of cannabinoids and hemp extracts on the endocannabinoid system in neurodegenerative diseases and ADHD”

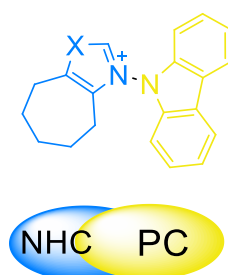
- [1] B. Rezende, A. K. N. Alencar, G. F. de Bem, F. L. Fontes-Dantas, G. C. Montes, *Pharmaceuticals* 16 (2023) 148.
- [2] A. Hasbi, S.R. George, *Explor. Neuroprotect. Ther.* 5 (2025) 100498.
- [3] A. Vasincu, R.-N. Rusu, D.-C. Ababei, M. Larion, W. Bild, G. D. Stanciu, C. Solcan, V. Bild, *Biology* 11 (2022) 440.

NOWE BIFUNKCYJNE FOTOKATALIZATORY NHC: SYNTEZA, CHARAKTERYSTYKA I OCENA WŁAŚCIWOŚCI KATALITYCZNYCH I FOTOAKTYWNYCH

Wiktorija Guldzińska

Promotor: dr inż. Anna Skrzyńska

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź



Schemat 1.

N-heterocykliczne karbeny (NHC) należą do najważniejszych klas organokatalizatorów wykorzystywanych we współczesnej syntezie organicznej, a ich właściwości wynikają z obecności trwałego centrum karbenowego stabilizowanego przez atomy azotu w obrębie heterocyklicznego układu [1]. W ostatnich latach połączenie katalizy NHC z fotokatalizą stało się jednym z intensywnie badanych kierunków nowoczesnej syntezy, umożliwiając prowadzenie reakcji rodnikowych w łagodnych warunkach oraz rozszerzenie zakresu reaktywności klasycznej katalizy NHC [2].

Celem prowadzonych badań było zaprojektowanie hybrydowych katalizatorów PC–NHC, łączących właściwości organokatalizatorów NHC z aktywnością fotoredoksową fragmentu PC. Zakłada się, że układy te będą umożliwiać jednoczesną aktywację substratu oraz indukowany światłem transfer elektronu (SET - *single electron transfer*). Rozwiązanie to pozwoli na lepszą kontrolę regio- i stereoselektywności oraz umożliwi aktywację dotychczas niereaktywnych związków organicznych. Otrzymane związki zaprojektowano i zsyntetyzowano, a następnie scharakteryzowano metodami spektroskopowymi, natomiast ich aktywność w reakcjach modelowych prowadzonych w warunkach fotokatalitycznych jest obecnie przedmiotem badań.

[1] Sukriyo Chakraborty, Soumen Barik, Akkattu T. Biju, *Chem. Soc. Rev.* 54 (2025) 1102-1124.

[2] K. Liu, M. Schwenzer, A. Studer. *ACS Catal.* 12(19) (2022) 11984–11999.

OPTIMALIZACJA PROTOKOŁÓW SYNTEZY W PEŁNI BLOKOWANEGO MONOMERU 5-KARBOKSYMETYLOAMINOMETYLO-2-TIOURYDYNY PRZYDATNEGO DO SYNTEZY OLIGORYBONUKLEOTYDÓW METODĄ AMIDOFOSFORYNOWĄ

Emilia Górra

Promotor: **dr inż. Agnieszka Dziergowska**

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

Kwasy rybonukleinowe zawierają liczne modyfikowane nukleozydy, których powstawanie i status jest przedmiotem badań biochemicznych i biofizycznych wymagających wzorców nukleozydów i modelowych modyfikowanych oligonukleotydów. Przedstawiona prezentacja omawia badania optymalizacyjne wieloetapowej ścieżki syntezy amidofosforynu 5- karboksymetyloaminometylo-2-tiourydyny (cmnm⁵s²U). 2-tiourydyna z grupą metylenową w pozycji piątej połączoną z resztą glicyny, to jeden z najtrudniejszych do otrzymania - ze względu na obecność centrum chiralności i grup funkcyjnych aminokwasu - hipermodyfikowany nukleozyd. Substratem w projekcie była 2-tiourydyna, którą następnie funkcjonalizuje się w celu uzyskania chemo i regioselektywności kolejnych etapów ścieżki syntezy. Prezentacja omawia szczegóły i wyniki wykonanych prac optymalizacyjnych, które rozwiązują wcześniej zaobserwowane problemy preparatywne i pozwoliły na zwiększenie wydajności końcowej syntezy monomeru cmnm⁵s²U. W pełni blokowany amidofosforyn będzie użyty do otrzymania 17-merów – modeli do badań procesów biosyntezy modyfikowanych RNA w komórce.

Praca wykonana w ramach projektu: realizowanego z prof. P. Dedonem (<https://dedon.mit.edu/>)

- [1] G. Leszczyńska, P. Leonczak, A. Dziergowska, A. Malkiewicz, *Nucleotides and Nucleic Acids* 32 (2013) 599-616.
- [2] M. Jaroch, M. Jörg, M. Winkler, K. Rice, A. Dziergowska, P. Dedon, V. Crécy-Lagard, *Journal of Bacteriology*, 2024.

CZYSTA ETYKIETA, BRUDNE WNĘTRZE? O TYM, CO PRZENIKA Z OPAKOWAŃ DO ŻYWNOSCI

inż. Weronika Zdziarska

Promotor: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk

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

Materiały opakowaniowe przeznaczone do kontaktu z żywnością (FCM) pełnią istotną rolę w nowoczesnym systemie bezpieczeństwa żywności. Ich dobór jest ściśle uzależniony od specyfiki żywności oraz przewidywanych warunków użytkowania. Skalę wyzwania obrazują dane z 2021 roku, kiedy to w Unii Europejskiej wytworzono około 84 mln ton odpadów opakowaniowych (średnio 188,7 kg na mieszkańca), co oznacza wzrost o ok. 24% względem 2010 roku. W strukturze tych odpadów największy udział mają papier i tektura (40,3%), tworzywa sztuczne (19,0%) oraz szkło (18,5%) [1]. Rosnąca złożoność materiałów, w tym powszechne stosowanie struktur wielowarstwowych i barier funkcjonalnych, sprawia, że ocena ich bezpieczeństwa wymaga indywidualnego podejścia analitycznego uwzględniającego zarówno skład materiału, jak i możliwość migracji substancji do żywności. Szczególną uwagę poświęca się zjawisku migracji. Proces ten dotyczy m.in. dodatków technologicznych, farb drukarskich czy substancji dodanych w sposób niezamierzony (NIAS). Intensywność migracji zależy od rodzaju opakowania, czasu i temperatury kontaktu oraz charakteru żywności [2].

Celem pracy było opracowanie kompleksowego podejścia analitycznego do oceny FCM z uwzględnieniem zróżnicowania ich składu oraz właściwości. Badaniom poddano szerokie spektrum materiałów: podłoża papierowe, stopy metali oraz materiały polimerowe. Do oceny składu pierwiastkowego i morfologii materiałów metalicznych zastosowano techniki LIBS oraz SEM-EDS. Technika spektroskopii w podczerwieni (IR) została wykorzystana do identyfikacji dominujących polimerów poprzez analizę ich unikalnych widm oscylacyjnych. Ilościową analizę wybranych składników wykonano przy użyciu technik ICP-OES, GFAAS oraz CVAAS. Na podstawie uzyskanych wyników ilościowych wytypowano próbki do badań migracji, wykorzystując roztwory modelowe imitujące różne rodzaje żywności. Dodatkowo oceniono wpływ procesów starzenia na stan powierzchni materiałów, stosując komorę klimatyczną oraz mikroskopię cyfrową, co pozwoliło na identyfikację zmian strukturalnych mogących wpływać na uwalniania substancji szkodliwych. Uzyskane wyniki dowodzą, że wiarygodna ocena bezpieczeństwa opakowań nie może ograniczać się do jednorazowego testu, lecz musi stanowić połączenie informacji uzyskanych z udziałem zaawansowanych technik analitycznych uwzględniających dynamiczne procesy degradacji i migracji zachodzące podczas całego cyklu użytkowania opakowania.

[1] J Eurostat. Packaging waste statistics. European Commission, 2023, 1–15.

[2] Regulation (EC) No 1935/2004 (2004) 1–17 & No 10/2011 (2011) 1–89.

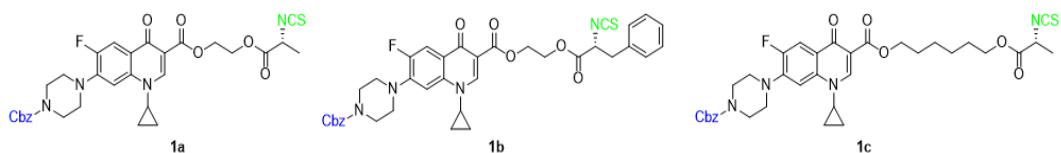
SYNTEZA NOWYCH ANALOGÓW CYPROFLOKSACYNY MODYFIKOWANYCH NA GRUPIE KARBOKSYLOWEJ FRAGMENTEM IZOTIOCYJANIANU

inż. Kinga Sobczak

Promotor: dr inż. Łukasz Janczewski

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

Zakażenia bakteryjne są coraz poważniejszym problemem w obecnym świecie. Z tego powodu wciąż poszukiwane są coraz to nowe związki o pożądanych właściwościach przeciwbakteryjnych. Jedną z klas związków, które ze względu na swoje właściwości biologiczne są przedmiotem wielu badań naukowych, są izotiocyaniany (ITCs). Związki te charakteryzują się wysoką aktywnością wobec szczepów bakterii Gram-ujemnych, jak i Gram-dodatnich [1]. Innym związkiem, który jest stosowany w zakażeniach bakteryjnych jest cyprofloksacyna, należąca do grupy fluorochinolonów drugiej generacji.



Rysunek 1. Struktury otrzymanych docelowych związków

Celem moich badań do pracy magisterskiej była synteza nowych, nieopisanych w literaturze analogów cyprofloksacyny, blokowanej na atomie azotu w pierścieniu piperazyny grupą Cbz i sprzężonej z fragmentem izotiocyanianu wywodzącego się z naturalnych aminokwasów: alanina oraz fenyloalanina, za pomocą linkera. Wcześniejsze badania wykazały, że izotiocyanianowe pochodne naturalnych aminokwasów wykazują zadowalającą aktywność przeciwbakteryjną wobec szczepów *S. aureus* i *E. coli* [2]. Otrzymane produkty zostaną w przyszłości przebadane pod kątem aktywności przeciwbakteryjnej na szczepach Gram-dodatnich i Gram-ujemnych.

*Praca realizowana w ramach stypendium naukowego z Własnego Funduszu Stypendialnego
Politechniki Łódzkiej (RNCWN/WFS/27/2026)*

[1] L. Romeo, R. Iori, P. Rollin, P. Bramanti, E. Mazzon, *Molecules* 23 2018 624.

[2] Ł. Janczewski, D. Kręgiel, B. Kolesińska, *Molecules* 26 2021 2740.

BADANIA NAD STABILNOŚCIĄ FRAGMENTÓW AGONISTY RECEPTORA GLP-1 – OZEMPICU

inż. Klaudia Ogień

Promotor: dr inż. Joanna Lewandowska

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

Cukrzyca to powszechna choroba metaboliczna. Na rynku można znaleźć wiele leków dla diabetyków, jednak w ostatnim czasie uwagę zwrócił Ozempic (semaglutyd). Jest agonistą receptora GLP-1, ma długi okres półtrwania i wspomaga redukcję masy ciała. Wykryto, że może on ulegać agregacji w organizmie prowadzącej np. do utraty skuteczności terapeutycznej. Celem badań była identyfikacja fragmentu peptydu, który inicjuje ten proces.

W pierwszym etapie zsyntezowano pięć 6-aminokwasowych fragmentów Semaglutydu metodyką syntezy na fazie stałej, stosując odczynnik kondensujący (DMT/NMM/TosO⁻), pozwalający na otrzymanie większości produktów surowych z wysoką czystością i wydajnością, co zostało potwierdzone w trakcie analizy UHPLC-MS. W kolejnym etapie przygotowano próbki do badań UV-Vis, CD oraz do obserwacji pod mikroskopem.

Z analiz wynika, że najstabilniejszym fragmentem jest H₂N-LVRGRG-COOH, a sekwencja H₂N-LEGEAA-COOH ma największą tendencję do tworzenia nierozpuszczalnych agregatów. Dalsze prace mogłyby polegać na modyfikacji agregującego fragmentu, aby zablokować ten proces przy jednoczesnym zachowaniu aktywności całego hormonu.

SYNTEZA KONIUGATÓW OPARTYCH NA RDZENIU 1,3,5-TRIAZYNY Z DOŁĄCZONYM FRAGMENTEM IZOTIOCYJANIANOHEKSYLOFOSFONIANU FENYLU

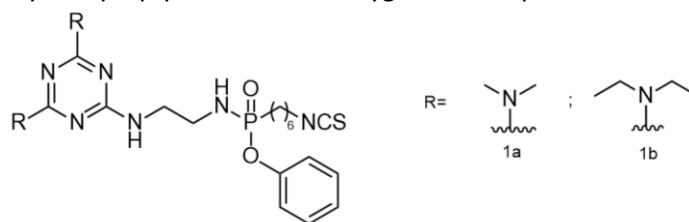
Anastasiia Abolonkina

Promotor: dr inż. Łukasz Janczewski

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

1,3,5-Triazyny należą do grupy związków heterocyklicznych [1] wykazujących szerokie spektrum aktywności biologicznej, w tym właściwości przeciwnowotworowe, przeciwbakteryjne oraz przeciwwirusowe [2].

Drugą grupą związków o istotnym znaczeniu biologicznym są izotiocyaniany (ITCs), naturalnie występujące w warzywach kapustowatych, takich jak brokuły, kapusta czy brukselka [3]. Związki te wykazują właściwości przeciwnowotworowe poprzez indukowanie apoptozy, hamowanie proliferacji komórek nowotworowych czy wpływanie na szlaki sygnałowe odpowiedzialne za rozwój nowotworów.



Rysunek 1. Związki docelowe

Celem moich badań do pracy magisterskiej było otrzymanie nieopisanych w literaturze koniugatów izotiocyanianowo-triazynowych opartych na rdzeniu 1,3,5-triazyny podstawionym grupami dimetyloaminowymi lub dietyloaminowymi i z przyłączonym, za pomocą linkera etylenodiaminy, fragmentem 6-(izotiocyanianoheksylo)fosfonianu fenylu. Połączenie tych dwóch jednostek strukturalnych miało na celu otrzymanie nowych cząsteczek o potencjalnie zwiększonej aktywności biologicznej w porównaniu z użytymi substratami.

[1] P. Singla, V. Luxami, K. Paul, Eur. J. Med. Chem. 102 (2015) 39–57.

[2] B. Rathod, S. Pawar, S. Puri, A. Diwan, K. Kumar, ChemistrySelect. 9 (2024) e202303655.

[3] Ł. Janczewski, Molecules 27(5) (2022) 1750.

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA POCHODNYCH FRAGMENTU B12-B17 INSULINY O POTENCJALNYM DZIAŁANIU ANTY-AMYLOIDOWYM JAKO SKŁADNIKÓW TRANSDERMALNYCH ŻELI KOLAGENOWYCH

inż. Klaudia Tylkowska

Promotor: **dr inż. Joanna Lewandowska**

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

Mimo tendencji insuliny do tworzenia fibryli amyloidowych w miejscach powtarzanych iniekcji, pozostaje ona jednym z najczęściej stosowanych leków w terapii cukrzycy. Rdzeń fibryli stanowi sekwencja łańcucha B LVEALYL, a inhibitorami agregacji mogą być peptydy będące jej pochodnymi. Skuteczne leczenie podskórnych złogów amyloidu wymaga także określenia efektywnej drogi podania leku.

W pierwszym etapie wprowadzono grupę Fmoc na N-koniec kwasu 2-aminoizomasłowego (AiB). Strukturę Fmoc-AiB-OH potwierdzono analizą ^1H NMR oraz FT-IR. Zsyntezowano peptyd VE(AiB)L(AiB)L na żywicy 2'-chlorotrytylowej oraz rink amid. Kolejno wykonano acylowanie N-końca połowy peptydu stosując bezwodnik octowy oraz N-metylomorfolinę. Tożsamość i czystość produktów syntezy zweryfikowano metodą UHPLC-MS, a ich stabilność oraz aktywność anty-amyloidową względem insuliny oceniono dichroizmem kołowym. Przeprowadzono optymalizację żelu na bazie kolagenu rybiego w celu ustalenia skutecznej metody sieciowania.

Wyniki analiz potwierdziły poprawność sekwencji oraz czystość peptydów i acylowanych pochodnych. Widma CD wskazywały na stabilność badanych fragmentów oraz ich interakcję z insuliną. Optymalizacja formulacji żelu wykazała, że chitozan niskocząsteczkowy skutecznie sieciuje kolagen rybi. Opracowano stabilny żel o składzie: kolagen, chitozan i inhibitor.

OPTIMALIZACJA SYNTEZY POCHODNYCH AMIDOWYCH KWASU FOSFONOWEGO WYWODZĄCYCH SIĘ Z INHIBITORÓW Rab GGTazy

Aleksandra Gutkowska

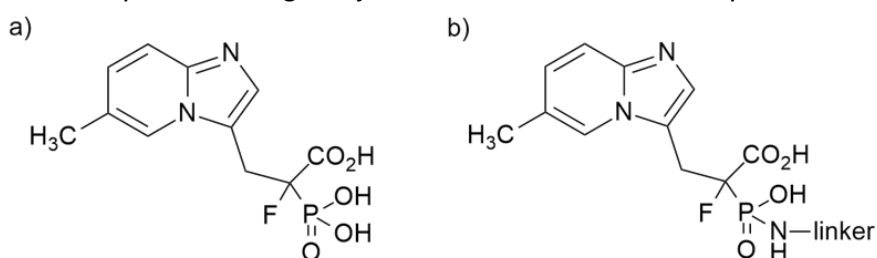
Promotor: dr Katarzyna Justyna

Opiekun pomocniczy: dr hab. inż. Katarzyna Błażewska

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

Rab GGTaza to enzym dokonujący lipidacji potranslacyjnej białek z rodziny Rab, ważnych regulatorów transportu pęcherzykowego. Enzymy te wprowadzają 20-węglową grupę geranylogeranylową do struktury białka Rab, co pozwala na połączenie tego białka z błoną komórkową. Proces ten kontroluje aktywność białek Rab, lokalizacje i interakcje białko-białko, a tym samym wpływa na wzrost, różnicowanie oraz przeżywalność komórek. Nieprawidłowa aktywność Rab GGTazy oraz niektórych białek Rab jest powiązana z chorobami neurodegeneracyjnymi, zakaźnymi oraz nowotworowymi, dlatego kontrola aktywności białek Rab np. poprzez inhibicję enzymu dokonującego prenylacji - Rab GGTazy, stanowi potencjalną strategię terapeutyczną [1-2]. W toku badań prowadzonych w grupie prof. Błażewskiej zsyntezowano bibliotekę pochodnych fosfonokarboksylanów (PC) z których 6Me-imidazo[1,2- α]pirydynowa pochodna (6-Me-PC) okazała się najskuteczniejszym inhibitorem Rab GGTazy (LED = 10 μ M) [3]. W poszukiwaniu bardziej efektywnych inhibitorów postanowiono zsyntezować pochodne amidowe bazujące na 6-Me-PC, co stało się przedmiotem mojej pracy.

Z powodzeniem zsyntezowałam dwie cząsteczki zawierające fragment handlowo dostępnego linkera (PEG2, C2) oraz 6-Me-PC. Dla otrzymanych związków wykonałam pełną analizę spektroskopową. W przyszłości planowane jest poszerzenie biblioteki związków o analogi ze zmodyfikowanymi linkerami, a także zbadanie ich aktywności biologicznej wobec komórek nowotworowych.



Struktury związków (a) 6-Me-PC; (b) zsyntezowanych w toku badań - schemat

Praca sfinansowana w ramach grantu: PRELUDIUM BIS 2 (2020/39/O/ST4/01360)

- [1] E. A. Stigter, G. Triola, R. s. Goody, H. Waldmann, Inhibition of Rab Prenylation, Elsevier, Amsterdam, 2011.
- [2] N. A. Guadagno, C. Progida, Rab GTPases: Switching to Human Diseases, Cells 8 (2019) 909.
- [3] A. Kaźmierczak, D. Kusy, S. P. Niinivehmas, J. Gmach, Ł. Joachimiak, O. T. Pentikäinen, E. Gendaszewska-Darmach, K. M. Błażewska, J. Med. Chem. 60 (2017) 8781-8800.

PROJEKTOWANIE I SYNTEZA KONIUGATÓW FRAGMENTÓW CZYNNIKÓW WZROSTU ZE ZWIĄZKAMI O AKTYWNOŚCI PRZECIWNOWOTWOROWEJ

Aleksandra Kocięba

Promotor: **dr hab. inż. Justyna Frączyk, prof. PŁ**

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

Czynniki wzrostu to grupa białek oraz polipeptydów, odpowiedzialnych za komunikację międzykomórkową. Pełnią ważną rolę we wzroście, proliferacji (namnażaniu) i różnicowaniu (dzieleniu) komórek. Czynniki wzrostu działają poprzez oddziaływanie z receptorami znajdującymi się na powierzchni odpowiednich komórek zapoczątkowując przekazywanie sygnału. Występuje wiele czynników wzrostu np. nabłonkowy czynnik wzrostu, płytkopochodny czynnik wzrostu, czy też czynniki wzrostu śródbłonna naczyniowego- VEGF. VEGF odpowiada za angiogenezę i zwiększanie przepuszczalności naczyń. Komórki nowotworowe wymagają stałego dostępu do tlenu oraz składników odżywczych, wraz z ich wzrostem dochodzi do niedotlenienia tkanek, dlatego istotne jest tworzenie nowych naczyń krwionośnych, które pozwalają na stały dostęp do niezbędnych składników potrzebnych do rozwoju guza. Z tego powodu układ VEGF/ VEGFR stał się kluczowym celem w terapii przeciwnowotworowej, które dążą do ograniczenia tworzenia się nowych naczyń krwionośnych poprzez blokowanie receptorów VEGFR, skutkuje to zmniejszeniem wzrostu guza oraz zdolności do progresji i przerzutów [1-2].

Celem badań jest synteza i zbadanie właściwości koniugatów fragmentów czynników wzrostu ze związkami o aktywności przeciwnowotworowej. W ramach badań przeprowadzono syntezę wyselekcjonowanych fragmentów VEGF o strukturze H-YCHPIETLVD-OH oraz

H-YIFKPSCVPL-OH połączonych z lekiem alkilującym (Chlorambucyl) bezpośrednio lub za pomocą łączników pozwalających na uwolnienie leku do guza. Jako łączniki wykorzystałam Val-Cit oraz -Gly-Pro-Ala-. Syntetyzowane peptydy były wyselekcjonowane na podstawie oddziaływań peptyd- białko metodą Dot-blot. Struktury peptydowe zsyntetyzowano zgodnie z metodą syntezy peptydów na fazie stałej.

[1] M. Katz, I. Amit, Y. Yarden, *Biochim Biophys Acta*1773(8) (2007) 1161-76.

[2] M. Shibuya, *Genes Cancer* 2(12) (2011) 1097-105.

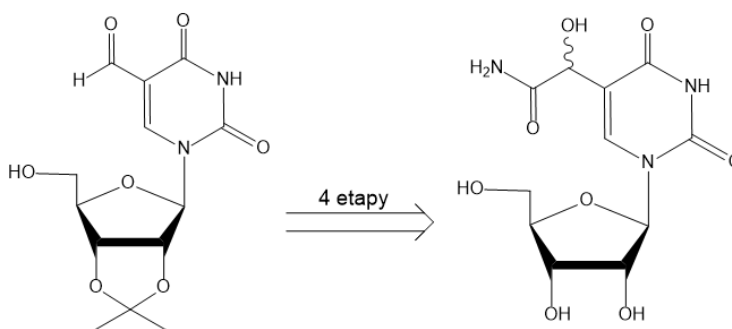
OPRACOWANIE SYNTEZY (R)- ORAZ (S)-5-KARBAMOILOHYDROKSYMETYLOURYDYNY (NCHM⁵U)

inż. Eryk Jakim

Promotor: dr inż. Tomasz Bartosik

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

Celem pracy było opracowanie syntezy diastereoizomerów (R)- oraz (S)-5-karbamoilohydroksymetylourydyny (nchm⁵U), należącej do słabo poznanych modyfikacji urydyny występujących w tRNA. Syntezę przeprowadzono w pięcioetapowej sekwencji reakcji rozpoczynającej się od 5-formylo-2',3'-O-izopropylidenourydyny. W pierwszym etapie selektywnie zabezpieczono grupę hydroksylową w pozycji 5' za pomocą grupy *tert*-butylodimetylosililowej. Następnie przeprowadzono diastereoselektywną reakcję cyjanosililowania katalizowaną kompleksem tytanoorganicznym, uzyskując mieszaninę diastereoizomerów cyjanohydryny w stosunku (R) : (S) = 4:1. Otrzymany produkt poddano reakcji Pinnera, a następnie reakcji z wodnym roztworem amoniaku prowadzącej do powstania nchm⁵U. Analizy LC-MS oraz NMR potwierdziły obecność produktu końcowego oraz produktu ubocznego – 5-karboksyhydroksymetylourydyny. Otrzymane związki mogą znaleźć zastosowanie w dalszych badaniach nad biologiczną rolą modyfikacji urydyny.



Schemat ogólnej reakcji

BIAŁKA PRZECIWLÓDOWE PSYCHROFILNYCH DROŹDŹY *GLACIOZYMA SPP*

Weronika Prażanowska

Promotor: **dr inż. Marzena Jędrzejczak-Krzepkowska**

Opiekun: **dr hab. inż. Aneta Białkowska, prof. Uczelni**

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

Psychrofilne drożdże z rodzaju *Glaciozyma*, m.in. *G. antarctica* i *G. martinii*, zasiedlają gleby oraz wody morskie i polodowcowe Antarktydy, gdzie panuje temperatura w zakresie od 5°C do -60°C. Szczególne wyzwanie dla komórek w tych warunkach stanowi zachowanie integralności strukturalnej pomimo temperatury zamarzania wody [1, 2]. W odpowiedzi na ekstremalne środowisko psychrofile wykształciły wiele adaptacji, w tym ekspresję białek przeciwlodowych (AFP), umożliwiających przeżycie w niskich temperaturach. Białka AFP wykazują aktywność termicznej histerezy (TH), polegającą na obniżeniu temperatury zamarzania wody oraz zdolność do inhibicji rekrytalizacji lodu (IRI), która ogranicza wzrost kryształów lodu [3]. Białka AFP są cennymi makromolekułami ze względu na możliwość ich wykorzystania jako krioprotektantów w wielu gałęziach przemysłu, m.in. do przechowywania mrożonej żywności oraz komórek i tkanek [4].

W ramach pracy dyplomowej badano genom szczepu *Glaciozyma martinii* 186 wyizolowanego z wód Zatoki Admiralicji na Wyspie Króla Jerzego w archipelagu Szetlandów Południowych. Po przeprowadzeniu wstępnej analizy bioinformatycznej sekwencji genomu *G. martinii* z wykorzystaniem platformy Galaxy przewidziano fragment genu *afp 2* o długości 763 pz, wykazujący 80% identyczności sekwencyjnej względem genu *afp2* pochodzącego z *G. antarctica*. Wykonano również optymalizację warunków ekspresji syntetycznego genu *gaafp*, pochodzącego z psychrofilnych drożdży *Glaciozyma antarctica* PI12 w metylotroficznych drożdżach *Pichia pastoris* GS115. Optymalizowano temperaturę hodowli (20°C oraz 28°C), czas hodowli (od 2 do 5 dni) oraz stężenie metanolu (0,5% oraz 1%), którym indukowano ekspresję. W wyniku przeprowadzonych analiz białek techniką SDS-PAGE jako optymalne warunki wybrano hodowlę *P. pastoris* niosącą zrekombinowany plazmid pPICZB indukowaną 1% metanolem przez 4 doby w 28°C. Otrzymano rekombinowane białko AFP o masie około 27 kDa.

- [1] P. Buzzini, R. Margesin, Cold-adapted Yeasts: Biodiversity, Adaptation Strategies and Biotechnological Significance (2013) 75-98.
- [2] C. M. V. L. Wong, S. Y. Boo, C. L. Y. Voo, N. Zainuddin, N. Najimudin, Polar Biology, 42(3) (2019) 541–553.
- [3] N. M. M. U. Khan, T. Arai, S. Tsuda, H. Kondo, Scientific Reports 11(1) (2021).
- [4] A. Eskandari, T. C. Leow, M. B. A. Rahman, S. N. Oslan, Biomolecules 10(12) (2020) 1-18.

OPTIMALIZACJA SYNTEZY I DEPROTEKCJI OLIGORYBONUKLEOTYDÓW ZAWIERAJĄCYCH 5-PODSTAWIONE 2-TIOURYDINY

Aleksandra Różycka

Promotor: **dr inż. Agnieszka Dziergowska**

Opiekun: **dr inż. Karolina Podskoczyj**

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

Kwasy rybonukleinowe zawierają ponad 170 zmodyfikowanych nukleotydów, których biosynteza i funkcje biologiczne są intensywnie badane. Szczególne znaczenie mają modyfikacje w pozycji 34 tRNA („wobble”), bezpośrednio uczestniczącej w rozpoznawaniu kodonu, wśród których dominują 5-podstawione pochodne 2-tiourydyny.

Celem pracy było zwiększenie dostępności modeli tRNA poprzez optymalizację syntezy i deprotekcji oligorybonukleotydów zawierających te modyfikacje. Wykorzystując monomery mcm^5s^2U i cmn^5s^2U , zoptymalizowano warunki syntezy (w fazie stałej, metodą amidofosforynową) oraz deprotekcji, minimalizując straty wynikające z utleniania, desulfuracji i następczej degradacji oligorybonukleotydów.

Otrzymano serię 17-merów zawierających mcm^5s^2U oraz jego formy: amidową (ncm^5s^2U), kwasową (cm^5s^2U) i $cmnm^5s^2U$. Udoskonalono również etap oczyszczania z zastosowaniem metod chromatograficznych. Otrzymane związki przeznaczone są do krystalograficznych badań oddziaływań z enzymami modyfikującymi RNA.

Praca wykonywana we współpracy z prof. P. Dedonem (<https://dedon.mit.edu/>)

- [1] G. Leszczyńska, J. Pięta, K. Wozniak, A. Malkiewicz, *Org. Biomol. Chem.* 12 (2014) 1052.
[2] W. Kusmirek, N. Strozynska, P. Martin-Arroyo Cerpa, A. Dziergowska, G. Leszczyńska, R. Nowak, M. Adamczyk, *Int. J. Biol. Macromol.* 320 (2025) 145877.

DRUGIE ŻYCIE KAWY: FUSY JAKO CENNE ŹRÓDŁO BIOAKTYWNYCH PEPTYDÓW

Gabriela Rzepkowska

Promotor: **dr. inż. Gabriela Kowalska**

Opiekun: **dr hab. inż. Joanna Oracz**

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

Zużyte fusy kawowe (SCG, z ang. *Spent Coffee Grounds*) stanowią jeden z najważniejszych produktów ubocznych globalnego przemysłu kawowego, a ich roczna produkcja szacowana jest na około 6 milionów ton. Tak ogromna skala generowania tych odpadów stwarza niezwykle szerokie spektrum możliwości ich powtórnego wykorzystania, idealnie wpisując się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym. SCG charakteryzują się złożonym i bogatym składem chemicznym, w którym dominują celuloza, hemiceluloza, lignina, lipidy oraz białka, których całkowita zawartość wynosi średnio od 13% do 17% [1]. Coraz częściej uwagę zwraca się na właściwości bioaktywne peptydów pozyskiwanych w procesie hydrolizy białek z SCG, które mogą być z powodzeniem aplikowane jako wartościowe dodatki do żywności czy nutraceutyki [1, 2]. Otwiera to nowe możliwości wykorzystania SCG w sektorach innych niż te związane z odnawialnymi źródłami energii czy rolnictwa.

Celem niniejszych badań była charakterystyka pozyskanych z nich frakcji białkowo-peptydowych pod kątem zastosowania w żywności funkcjonalnej. Białka wyizolowano za pomocą ekstrakcji alkalicznej i strącania izoelektrycznego wspomaganego ultradźwiękami oraz enzymami w celu rozbicia matrycy lignocelulozowej, po czym poddano je hydrolizie pepsyną i ultrafiltracji. Analizy HPLC wykazały w próbkach stabilną zawartość kofeiny (średnio 1990 mg/100 g) oraz znaczący wzrost stężenia kwasów chlorogenowych (z poziomu poniżej 250 mg/100 g do ponad 1000 mg/100 g) po hydrolizie wspomaganą ultradźwiękami. Badania SEC i FT-IR potwierdziły skuteczną depolimeryzację z jednoczesnym zachowaniem szkieletu peptydowego – dominujące początkowo białka wielkocząsteczkowe (>10 kDa) uległy rozkładowi, w wyniku czego udział pożądanych peptydów niskocząsteczkowych (<10 kDa) wzrósł do 60–80%. Ponadto pomiary EPR udowodniły drastyczny wzrost całkowitej zdolności antyoksydacyjnej oraz znacznie szybsze tempo zmiatania rodników. Wyniki te jednoznacznie dowodzą, że odpowiednie przetworzenie SCG pozwala na odzysk wysoce przyswajalnych i aktywnych biologicznie składników, stanowiących cenny, zrównoważony surowiec dla innowacyjnego przemysłu nutraceutycznego i spożywczego.

[1] T. A. Singh, N. Pal, P. Sharma et al., *Rev Environ Sci Biotechnol* 22 (2023) 887–898.

[2] E. Ribeiro, T. de S. Rocha, S. H. Prudencio, *Food Chemistry* (2021) 348.

PORÓWNANIE POTENCJAŁU PRZECIWOTYŁOŚCIOWEGO LIŚCI I KORZENI *RAPHANUS SATIVUS* – BADANIA *IN VITRO*

Małgorzata Kurczewska

Promotor: **dr inż. Dorota Sosnowska**

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

Otyłość jest jednym z najpoważniejszych wyzwań zdrowia publicznego XXI wieku. Walka z otyłością jest trudna, wymaga obniżenia ilości spożywanych kalorii, a także zwiększenia aktywności fizycznej. Jednym z kierunków działań zapobiegających odkładaniu tłuszczów w organizmie człowieka jest ograniczenie ich przyswajania z pożywienia przez zmniejszenie uwalniania wolnych kwasów tłuszczowych w procesie trawienia lipidów oraz ograniczenie ich wchłaniania. Na efektywność uwalniania, a następnie wchłaniania powyższych kwasów wpływa wiele czynników, między innymi aktywność enzymów hydrolizujących lipidy, obecność emulgatorów i składników budujących micelle takich jak sole żółciowe, cholesterol czy dostępność substratów lipidowych dla rozkładających ich enzymów. Spośród surowców roślinnych wpływających na metabolizm lipidów w układzie pokarmowym na uwagę zasługują warzywa kapustne, do których zaliczana jest rzodkiewka. Analiza danych literaturowych wykazała, iż ta grupa żywności nie jest częstym przedmiotem badań, w przeciwieństwie do owoców.

Celem pracy było porównanie potencjału przeciwotyłościowego liści i korzeni rzodkiewki oznaczanego metodami *in vitro*. Zakres pracy obejmował oznaczenie zdolności różnych części morfologicznych rzodkiewki do wiązania soli żółciowych [1] i cholesterolu [2], pochłaniania oleju roślinnego [1] oraz określenie wpływu na uwalnianie kwasów tłuszczowych z emulsji oleju roślinnego w układzie symulowanego trawienia jelitowego [3]. Ponadto, w analizowanym surowcu oznaczono zawartość błonnika ogółem (DF) oraz jego frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) [4].

Suszone liście oraz korzenie pięciu odmian rzodkiewki (Aga, Carmen, Malaga, Midas, Warta) wykazywały zdolność do pochłaniania oleju (1,2-6,8 g/g s.m.), wiązania soli żółciowych (19,7-77,7 mg/g s.m.) i cholesterolu w pH 2 i 7 (odpowiednio 14,4-50,6 i 22,4-64,5 mg/g s.m.) oraz inhibicji uwalniania kwasów tłuszczowych z emulsji oleju w układzie symulowanego trawienia jelitowego przy stężeniu surowca 50 mg s.m./ml (17,7-56,1%). W analizowanym surowcu zawartość błonnika ogółem kształtowała się od 27,2 do 48,2 g/100 g s.m., w którym dominował IDF (83,10-97,50%). Stwierdzono ujemną korelację pomiędzy zawartością SDF a zdolnością pochłaniania oleju (-0,538), zawartością IDF i DF a uwalnianiem kwasów tłuszczowych (odpowiednio -0,510 i -0,502) oraz pochłanianiem oleju a wiązaniem cholesterolu w pH 2 i 7 (odpowiednio -0,553 i -0,508), a także dodatnią korelację pomiędzy wiązaniem soli żółciowych a wiązaniem cholesterolu w pH 2 i 7 (odpowiednio 0,698 i 0,707).

[1] I. Jurevičiūtė, M. Keršienė, L. Bašinskienė, D. Leskauskaitė, I. Jasutienė, *Foods* 11 (2022) 716.

[2] M. Shen, W. Weihao, L. Cao, *J. Food Sci.* 85 (2020) 1668-1674.

[3] X. Wu, W. He, H. Zhang, Y. Li, Z. Liu, Z. He, *Food Chem.* 142 (2014) 306-310.

[4] V. Gouw, J. Jung, Y. Zhao, *LWT*, 80 (2017) 136-144

**BIOSYNTeza KWASÓw FENOLOWYCH ORAZ GLIKOZYDÓw
FLAWONOIDOWYCH W KULTURACH IN VITRO DRACOCEPHALUM
RUYSCHIANA L. INDUKOWANA POLIAMINAMI**

Julia Miszta

Promotor: **dr Izabela Weremczuk-Jeżyna**

Opiekun: **dr Izabela Weremczuk-Jeżyna**

**Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Wydział Farmaceutyczny, Katedra Farmakognozji,
Zakład Biologii i Botaniki Farmaceutycznej, ul. Muszyńskiego 1, 90-151 Łódź**

Pszczelnik wąskolistny (*Dracocephalum ruyschiana* L.) to bogata w polifenole [1] roślina lecznicza, pochodząca z rodziny *Lamiaceae*. Ze względu na wykazywane działanie terapeutyczne, jest wykorzystywana w medycynie tradycyjnej krajów azjatyckich [2].

Celem pracy była ocena wpływu poliamin (putrescyny – PT i sperminy – SP) na wzrost pędów *D. ruyschiana* w warunkach *in vitro*, zwiększenie skali ich hodowli poprzez zastosowanie systemów bioreaktorów czasowo-zanurzeniowych oraz identyfikacja i oznaczenie zawartości związków polifenolowych w pozyskanym materiale.

Materiał do badań stanowiły pędy *D. ruyschiana* rosnące na agarowym podłożu MS [3] z dodatkiem 0,5 mg/L BAP i 0,2 mg/L IAA oraz PT lub SP w jednym ze stężeń: 0,1; 0,25 oraz 0,5 mM. Pędy hodowano 5 tygodni, a po okresie wzrostu przygotowano ekstrakty MeOH:H₂O (8:2 v/v) i analizowano jakościowo oraz ilościowo z użyciem UPLC-DAD/ESI-MS i HPLC. Podczas zwiększania skali hodowli zastosowano bioreaktory czasowo-zanurzeniowe Rita i Plantform, w których kultury rosły przez 3 tygodnie w płynnym podłożu MS z dodatkiem 0,5 mg/L BAP, 0,2 mg/L IAA oraz 0,5 mM PT. Po zakończonym okresie wzrostu materiał analizowano fitochemicznie.

W wyniku doświadczenia stwierdzono, że najbardziej odpowiednią, dla wzrostu kultury oraz produkcji metabolitów wtórnych była pożywka wzbogacona w 0,5 mM putrescyny. W tych warunkach osiągnięto najwyższy współczynnik mnożenia (5 pędów/eksplantat) oraz świeżą (FW) i suchą masę pędów (DW) (195,3 i 19,2 mg/probówkę, odpowiednio). Ogólna zawartość polifenoli wynosiła 27,2 mg/g DW i względem kontroli była wyższa ponad 2 krotnie. Odnotowano również najwyższe stężenie dominującego metabolitu tj. kwasu rozmarynowego - 22,89 mg/g DW (8-krotnie wyższy w porównaniu do kontroli).

Zastosowanie bioreaktorów pozwoliło na zwiększenie skali produkcji materiału roślinnego i syntezy związków fenolowych, w krótszym o 2 tygodnie czasie. Wzrost biomasy w obu systemach bioreaktorów był podobny (ok. 37 g/L FW, 3 g/L DW), jednak bioreaktor Rita pozwolił na uzyskanie wyższej całkowitej zawartości polifenoli (156,5 mg/L) i kwasu rozmarynowego (126,6 mg/L).

Podsumowując poliaminy istotnie stymulowały wzrost pędów i produkcję polifenoli *D. ruyschiana*. Dodatkowo na poziom syntezy metabolitów wtórnych wpływał rodzaj zastosowanego bioreaktora.

[1] Z.M. Okhlopova, M.P. Razgonova, App. Sci. 12 (2022) 1766.

[2] E. Selenge, T. Murata et al., J. Nat. Prod. 76 (2013) 186–193.

[3] T. Murashige, M. Skoog, Physiol. Plant. 15 (1962) 473–497.

SYNTEZA ORAZ WSTĘPNA OCENA BIOZGODNOŚCI ZWIĄZKÓW KOMPLEKSOWYCH 2,2'-BIPIRYDINY Z WYBRANAMI METALAMI (II)

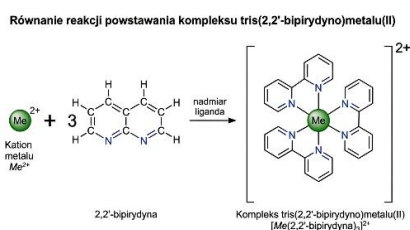
Stanisław Sencerek

Promotor: dr n. farm. Angelika Adamus-Grabicka

Opiekun: dr n. farm. Angelika Adamus-Grabicka

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

2,2'-bipirydyna (bpy) to bidentatny ligand N,N'-heterocykliczny, który odegrał kluczową rolę w rozwoju chemii koordynacyjnej i chemii medycznej. Wykazuje zdolność do tworzenia stabilnych, dobrze zdefiniowanych kompleksów z wieloma jonami metali, dzięki czemu upatruje się ich zastosowanie jako środków terapeutycznych. Ich znaczenie wynika głównie ze zdolności do tworzenia trwałych kompleksów z jonami metali o różnych wartościowościach [1]. W zależności od metalu w centrum koordynacyjnym związki te wykazują różne właściwości fizykochemiczne oraz biologiczne. Celem pracy jest synteza związków kompleksowych 2,2'-bipirydiny z jonami metali (II): Fe^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , analiza fizykochemiczna oraz ocena biouzgodności otrzymanych produktów, które mogłyby być wykorzystane w leczeniu jako potencjalne farmaceutyki [2]. Związki kompleksowe syntezowano w reakcji między 2,2'-bipirydelm, a wybraną solą metalu (II) w stosunku molowym 3:1 w medium wodno-etanolowym. Czas trwania reakcji był zależny od zastosowanej soli metalu (II) [3]. W wyniku przeprowadzonych reakcji otrzymano sześć związków kompleksowych, których struktura oraz czystość zostały potwierdzone metodami fizykochemicznymi: TLC, IR, FT-IR, ^1H NMR, DSC, analiza elementarna oraz rentgenografia strukturalna. Kolejnym etapem była ocena biouzgodności hemolitycznej oraz ocena morfologii erytrocytów ludzkich wyizolowanych z krwi otrzymanej z Regionalnego Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa w Łodzi, których celem jest ocena sprawność układu krzepnięcia krwi.



Praca sfinansowana w ramach badań statutowych: 503/3-066-02/503-31-001-019-00

- [1] E. C. Constable, C. E. Housecroft, *Molecules* 24(21) (2019) 3951.
- [2] Priyanka et al., *Front Cell Infect Microbiol* 15 (2025) 1493679.
- [3] C. Ruiz-Pérez et al., *Inorganica Chimica Acta* 336 (2002) 131–136.

S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych,
Technologia Chemiczna

BADANIA TRIBOLOGICZNE WYBRANYCH NANOMATERIAŁÓW NA APARACIE TARCOWYM T-11

Karolina Papuga

Promotor: **dr Renata Stanecka-Badura**

Opiekun: **dr hab. Michał Cichomski, prof. UŁ**

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

W dzisiejszej nauce i technologii znaczącą rolę odgrywa postępująca miniaturyzacja, która doprowadziła do znacznego rozwoju nanotechnologii, czyli nauki z pogranicza współczesnej chemii, biologii, fizyki oraz inżynierii materiałowej. Opiera się ona na badaniach materiałów, których co najmniej jeden wymiar wynosi maksymalnie 100 nm [1]. Mimo tego, że jest to młoda dziedzina, jej rozwój następuje dynamicznie, co w konsekwencji wymusza tworzenie obiektów o coraz mniejszych rozmiarach i bardziej funkcjonalnych zastosowaniach w wielu obszarach przemysłu, techniki czy medycyny. Do prawidłowego działania wielu urządzeń jest konieczne zastosowanie odpowiedniego środka smarowego [2]. Wychodząc naprzeciw obecnym trendom badawczym celem pracy jest zbadanie właściwości tribologicznych nanomateriałów stosowanych jako dodatki do środków smarnych.

Pierwszym etapem badań było wykonanie analizy struktury i morfologii wybranych nanomateriałów przy użyciu mikroskopu sił atomowych. Następnie przygotowano próbki oleju zawierające różne stężenia tych dodatków, co pozwoliło na określenie odpowiedniego udziału wagowego składników. Badania tribologiczne przygotowanych próbek zostały wykonane na aparacie tarcowym T-11 w układzie kula-tarcza, które umożliwiły ocenę właściwości przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych badanych próbek. Pomiary wykonano przy ustalonych parametrach obciążenia, prędkości obrotowej oraz czasu trwania pojedynczego testu. Po zakończeniu testów wykonano porównanie średnic skaz zużycia na kulach oraz tarczach dla próbek zawierających różne stężenia nanomateriałów oraz próbki zawierającej jedynie olej bazowy w tych samych zadanych warunkach. Pomiary wykonano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Analiza uzyskanych średnic pozwoliła na ocenę wpływu stężenia nanomateriału na współczynnik tarcia oraz intensywność zużycia.

Przeprowadzone badania posłużą do opracowania skuteczniejszych środków smarnych, które mogłyby zwiększyć trwałość oraz efektywność urządzeń poprzez zmniejszenie zużycia elementów trących spowodowanym zjawiskiem tarcia.

Praca sfinansowana w ramach Studenckiego Grantu Badawczego edycja 2026

[1] A. Benozir Asha, R. Narain, Nanomaterials properties, W: Polymer Science and Nanotechnology, Elsevier, 2020, 343–359.

[2] T. Kałdoński, Wybrane metody badań systemów tribologicznych. Część I Ocena właściwości cieczy smarujących systemów tribologicznych., Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2018.

WPŁYW MORFOLOGII I SKŁADU KATALIZATORA NA JEGO AKTYWNOŚĆ FOTOKATALITYCZNA

Szymon Wołoszyn

Promotor: dr Aneta Kisielewska

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

Wśród wielu generowanych odpadów można wyróżnić tworzywa sztuczne, do których należy między innymi polistyren (PS), stosowany w postaci jednorazowych sztućców oraz materiałów termoizolacyjnych [1]. PS może ulegać rozpadowi na mniejsze części i występować w postaci mikoplastiku (MPs) (5 mm – 1 μ m). Tak małe cząstki mogą dostawać się do organizmów zwierząt, negatywnie wpływając na stan ich zdrowia [2, 3]. Innymi szkodliwymi zanieczyszczeniami środowiska są barwniki, do których należy błękit metylenowy (MB), stosowany między innymi w przemyśle tekstylnym. Jego obecność w wodzie może negatywnie wpływać na zamieszkujące w niej organizmy [4]. Ważnym jest znalezienie metod radzenia sobie z zanieczyszczeniami środowiska. Odpowiednim rozwiązaniem okazuje się być fotokataliza, podczas której dochodzi do ich degradacji w obecności półprzewodnikowego katalizatora np. dwutlenku tytanu (TiO_2) [1].

Celem analizy wpływu morfologii i domieszkowania katalizatora na rozkład MB przeprowadzono syntezę fotokatalizatorów opartych na TiO_2 , w postaci litej powłoki i nanoprętów oraz litej powłoki i nanoprętów, na powierzchni których zdeponowano AgNPs. Następnie umieszczono je w kuwetach zawierających roztwór MB o stężeniu 5 mg/L. Tak przygotowane próbki oraz próbkę odniesienia, która nie zawierała katalizatora, naświetlano przy pomocy oświetlacza ksenonowego ($\lambda_{\text{max}} = 260\text{-}400$ nm i 225 mW/cm^2). Postępy rozkładu barwnika monitorowano przy pomocy spektrofotometrii UV-Vis w odpowiednio dobranych interwałach przez 3 h. W celu obserwacji fizykochemicznych przemian MPs w postaci sfer PS o średnicy 20 μ m wytworzono fotokatalizatory w postaci proszków TiO_2 i nanoprętów TiO_2 oraz proszków TiO_2 i nanoprętów TiO_2 , na powierzchni których zdeponowano AgNPs. Następnie umieszczono je w próbkach zawierających zawiesinę mikrosfer PS oraz 0,2 ml H_2O_2 . Tak przygotowane próbki oraz próbkę odniesienia, która nie zawierała katalizatora, mieszano magnetycznie i naświetlano promieniowaniem UV emitowanym przez lampę UV ($\lambda_{\text{max}} = 365$ nm i 5 mW/cm^2). Postępy monitorowano przy pomocy SEM oraz FT-IR co 20 h.

Podczas eksperymentu związanego z fotokatalitycznym rozkładem MB zaobserwowano, iż zwiększenie powierzchni właściwej oraz domieszkowanie katalizatora poprawiło wydajność oraz szybkość fotodegradacji barwnika. Badania związane z fizykochemicznymi przemianami mikropłastiku dostarczyły istotnych informacji na temat zachodzących na jego powierzchni zmian.

Praca sfinansowana w ramach grantu: Studenckie granty badawcze UŁ

- [1] W. Hamd, E. A. Daher, T. S. Tofa, J. Dutta, *Front. Mar. Sci.* 9 (2022) 885614.
- [2] A. I. Osman, M. Hosny, A. S. Eltaweil, *Environ. Chem. Lett.* 21 (2023) 2129–2169.
- [3] R. E. Zurub, Y. Cariaco, M. G. Wade, S. A. Bainbridge, *Front. Endocrinol.* 14 (2024) 1330396.
- [4] I. Khan, *Water* 14 (2022) 242.

WPŁYW OTOCZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI EMISYJNE UKŁADÓW DONOR-AKCEPTOR-DONOR OPARTYCH NA DIBENZO[A,J]FENAZYNIIE

Maja Staruch

Promotor: **dr hab. inż. Gabriela Wiosna-Sałyga**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Rozwój technologii OLED jest obecnie ściśle związany z projektowaniem nowoczesnych emiterów zdolnych do efektywnego wykorzystania ekscytonów trypletowych. Szczególnie interesującą grupę stanowią układy donor-akceptor-donor (D-A-D), których właściwości fotofizyczne są silnie uzależnione od konfiguracji cząsteczkowej. Struktura tych materiałów wpływa na charakter i dynamikę stanów emisyjnych, obejmujących zarówno stany lokalnie wzbudzone (LE), jak i stany z przeniesieniem ładunku (CT). Dodatkowo przebieg procesów fotofizycznych, może być modyfikowany obecnością heteroatomów. Właściwości emisyjne takich układów zależą jednak nie tylko od ich budowy molekularnej i geometrii, lecz również od oddziaływań międzycząsteczkowych oraz wpływu otoczenia. Czynniki te nabierają szczególnego znaczenia w warunkach aplikacyjnych, gdy materiały występują w postaci cienkich filmów, a ich charakterystyka optoelektroniczna jest silnie powiązana z morfologią warstwy.

Prezentowane badania dotyczą dwóch nowych emiterów opartych na dibenzo[a,j]fenazynie (DBPHZ) jako jednostce akceptorowej: Ge-DBPHZ oraz PTZMe-DBPHZ. Analiza ich właściwości fotofizycznych wykazała silną zależność od natury otoczenia, zarówno w roztworach, jak i w matrycach. Wzrost polarności środowiska prowadzi do wyraźnego przesunięcia batochromowego widm emisji, co sugeruje istotny udział stanów z przeniesieniem ładunku w procesach emisyjnych. W przypadku związku Ge-DBPHZ efektowi temu towarzyszy również spadek wydajności kwantowej spowodowany niepromienistą dezaktywacją stanów CT. Wyznaczone wartości $\Delta E_{ST} \approx 0,43$ eV dla Ge-DBPHZ oraz 0,5 eV dla PTZMe-DBPHZ wskazują, że istnieje małe prawdopodobieństwo dezaktywacji stanów trypletowych poprzez termicznie aktywowaną opóźnioną fluorescencję. W badanych układach obserwowana jest fosforescencja w temperaturze pokojowej. Wprowadzenie atomu germanu w strukturze Ge-DBPHZ powoduje przesunięcie batochromowe widma względem PTZMe-DBPHZ. Obserwuje się również monowykładniczy zanik emisji Ge-DBPHZ, który w niewielkim stopniu zależy od charakteru otoczenia, podczas gdy przebieg zaniku emisji PTZMe-DBPHZ wyraźnie zmienia się w zależności od rodzaju środowiska. Przeprowadzone badania potwierdzają, że modyfikacja struktury donorowej oraz kontrola oddziaływań międzycząsteczkowych pozwalają na efektywne kształtowanie charakterystyki emisyjnej materiałów typu D-A-D, co stanowi istotny wkład w dalszy rozwój wydajnych emiterów stosowanych w optoelektronice.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu: NCN, OPUS 23, UMO-2022/45/B/ST5/03712

ANALIZA ŚLADÓW BIAŁKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM NATURALNYCH POLIPEPTYDÓW W TECHNIKACH SPEKTROMETRII MAS I FTIR

Zuzanna Dzwonnik

Promotor: **dr hab. Mirosława Prochoń**

Opiekun: **mgr inż. Szymon Szczepanik**

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

Rozwój materiałów polimerowych stanowi jedno z kluczowych zagadnień współczesnej inżynierii materiałowej, zarówno w kontekście poprawy jakości życia, jak i ograniczania negatywnego wpływu odpadów tworzyw sztucznych na środowisko. Powszechne wykorzystanie polimerów syntetycznych wiąże się z narastającym problemem zagospodarowania odpadów, których ilość osiąga obecnie skalę milionów ton rocznie. Z tego względu coraz większe znaczenie przypisuje się materiałom pochodzenia naturalnego, które mogą stanowić alternatywne źródło surowców do produkcji biomateriałów. Do tej grupy należą między innymi kolagen, żelatyna, keratyna, białka miofibrylarne oraz chitozan. Szczególny potencjał wykazują białka pochodzenia odzwierzęcego, pozyskiwane między innymi z odpadów poubojowych, takich jak skóry zwierzęce. Ich wykorzystanie wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz odpowiada na rosnące zapotrzebowanie na technologie materiałów biodegradowalnych.

W niniejszej pracy zbadano efektywność detekcji śladów białkowych w biodegradowalnych biotworzywach przy zastosowaniu spektrometrii mas oraz spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). W tym celu wytworzono biotworzywa na bazie skóry bawolej, drobiowej i wieprzowej, które zostały przetworzone wraz z biopolimerowymi dodatkami poprawiającymi właściwości użytkowe w rozpuszczalnikach o różnym pH. Dodatkowo biotworzywa oceniono za pomocą obrazowania mikroskopem optycznym w celu zbadania morfologii powierzchni wykonanego materiału. Próbkę zostały poddane również analizie krzywej miareczkowania białek oraz punktu izoelektrycznego. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność zastosowanych metod analitycznych w badaniach śladów białkowych prowadzonych w obszarze chemii kryminalistycznej.

OPTIMALIZACJA WARUNKÓW SYNTEZY W PEŁNI BLOKOWANEGO AMIDOFOSFORNYU

(*R*)-5-METOKSYKARBONYLOHYDROKSYMETYLOURYDINY

Magda Koperska

Promotor: dr inż. Tomasz Bartosik

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

Celem niniejszej pracy była synteza amidofosforynu (*R*)-5-metoksykarbonylo(hydroksy)metylourydyny (mchm⁵U). Wyjściową 5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydynę, poddano reakcji z chlorkiem *tert*-butylodimetylosililowym (TBDMSCl) w obecności imidazolu, w celu zablokowania grupy hydroksylowej w pozycji 5' pierścienia rybozy [1]. Otrzymany związek poddano reakcji z cyjankiem trimetylosililowym w obecności wytworzonego *in situ* organotytanokatalizatora. Otrzymano mieszaninę cyjanohydryn (*R*)- oraz (*S*)-5'-*O*-*tert*-butylodimetylosililo-5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydyny w stosunku diastereoizomerycznym 5:1. Cyjanohydryny bez oczyszczania zostały przekształcone w sól Pinnera, a następnie zhydrolizowane do mieszaniny estrów (*R*)- oraz (*S*)-mchm⁵U. Mieszaninę rozdzielono za pomocą HPLC, a czysty diastereoizomer (*R*)-mchm⁵U poddano reakcji protekcji grupy hydroksylowej w pozycji 5' pierścienia rybozy, za pomocą chlorku 4,4'-dimetoksytrytylu (DMTrCl) w pirydynie. Otrzymany produkt zostanie następnie poddany reakcji selektywnego sililowania i fosfitylacji w celu otrzymania docelowego amidofosforynu (*R*)-mchm⁵U.

[1] T. Bartosik, A. Dziergowska, B. Kowalski, G. Leszczyńska, RSC Adv. 33 (2025) 26943–26949.

ZASTOSOWANIE SPEKTROSKOPII NMR W BADANIACH ZANIECZYSZCZEŃ KRZYŻOWYCH LEKÓW

Natalia Kocur

Promotor: dr inż. Barbara Pacholczyk-Sienicka

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

Badania zanieczyszczeń krzyżowych stanowią istotny element kontroli jakości w przemyśle farmaceutycznym, chemicznym oraz spożywczym. W ostatnich latach spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) zyskała znaczenie jako uniwersalne narzędzie analityczne umożliwiające identyfikację i ilościową ocenę śladowych zanieczyszczeń w złożonych matrycach.

Celem niniejszej pracy była ocena skuteczności spektroskopii NMR w identyfikacji oraz w analizie pozostałości substancji aktywnych, produktów degradacji oraz zanieczyszczeń procesowych. W pierwszej kolejności sporządzone zostały krzywe kalibracyjne dla dwóch zanieczyszczeń analizowanych leków z zastosowaniem deuterowanej wody z wzorcem wewnętrznym TSP. Metodę poddano optymalizacji, podczas której m. in. wyznaczono czasy relaksacji analizowanych związków (T1), kalibrowano impuls (90°), dobrano sekwencję impulsową, czas repetycji (t_r) oraz liczbę powtórzeń (ns). Uzyskane wyniki charakteryzowały się dużą dokładnością, precyzją i bardzo dobrą liniowością (R² = 1), a najmniejsze stężenie jakie oznaczono z odpowiednią dokładnością wyniosło w obu przypadkach to 0,002 mg/0,5 mL. W celu identyfikacji zanieczyszczeń w dostarczonych próbkach wykonano eksperymenty jednowymiarowe ¹H NMR. Pozwoliło to wykluczyć występowanie zanieczyszczeń krzyżowych w czterech na pięć otrzymanych serii próbek.

Wyniki wskazują, że spektroskopia NMR stanowi cenne uzupełnienie klasycznych metod analitycznych i może być skutecznie wykorzystywana w monitorowaniu czystości procesów technologicznych oraz walidacji procedur czyszczenia.

**ZASTOSOWANIE CYJANOHYDRYN (*R*)- ORAZ (*S*)-5'-*O*-*TERT*-
BUTYLODIMETYLOSILILO-5-FORMYLO-2',3'-*O*-IZOPROPYLIDENOURYDYNY
DO SYNTEZY NOWYCH MODYFIKACJI URYDYNY**

Julia Guz

Promotor: **dr inż. Tomasz Bartosik**

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

Celem badań było otrzymanie cyjanohydryn (*R*)- oraz (*S*)-5'-*O*-*tert*-butylodimetylosililo-5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydyny i zsyntetyzowanie nowych modyfikacji: (*R*)- oraz (*S*)-5-karbamoilohydroksymetylourydyn (nchm^5U). Proces rozpoczęto od protekcji grupy 5'-hydroksylowej 5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydyny przy użyciu chlorku *tert*-butylodimetylosililu (TBDMS-Cl) w obecności imidazolu[1]. Otrzymaną 5'-*O*-*tert*-butylodimetylosililo-5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydynę poddano reakcji z cyjankiem trimetylosililowym w obecności katalizatora. Uzyskano mieszaninę diastereoizomerów (*R*)- oraz (*S*)-cyjanohydryny w stosunku 1:4. Następnie przeprowadzono reakcję Pinnera, gdzie otrzymano diastereoizomeryczną mieszaninę soli, którą poddano reakcji z 10-molowym metanolem w roztworze amoniaku, otrzymując amidnohydroksymetylourydynę. W ostatnim etapie dokonano hydrolizy i otrzymano 5-karbamoilohydroksymetylourydynę w postaci mieszaniny diastereoizomerów. Poprawność struktury potwierdzono za pomocą spektrometrii mas (MS) oraz widm magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR).

TUNING OF FRET PROCESS IN AN ESIPT DONOR – TADF ACCEPTOR ORGANIC BLEND BY PRE- AND POST-PROCESSING

Wiktoria Kowalczyk

Supervisor: Dr. Piotr Ślęczkowski

Lodz University of Technology, Department of Molecular Physics, Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

The energy gap law restricts the quantum yield of direct NIR emitters, making FRET sensitisation an appealing alternative. Here, we modify the energy acceptor in the organic blend reported by Martínez-Denegri et al. [1] by replacing the far-red-emitting curcuminoid dye with the NIR-TADF dye TPA-DCPP. This modification is aimed at shifting the emission into the NIR-I window (700–900 nm) while keeping the photophysical nature of the system as FRET, in agreement with the spectral overlap between the donor and acceptor components meeting the resonance condition (Figure 1).

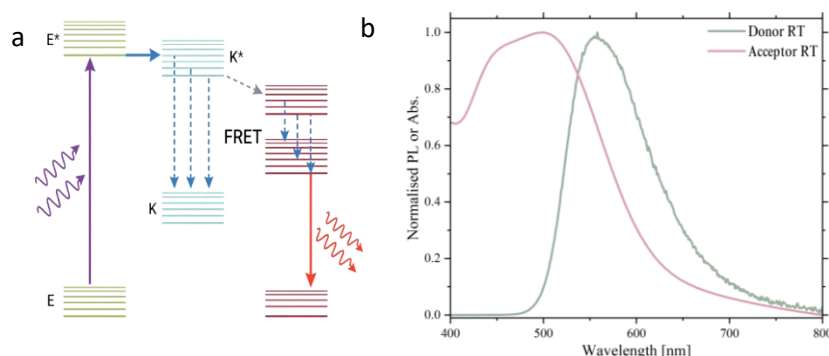


Figure 1. (a) Jablonski diagram of the ESIPT+FRET process cascade (b) Normalised photoluminescence emission of the neat ESIPT donor (green), overlaid with the absorption spectrum of TPA-DCPP (red)

First, we evidenced that thermal annealing, expected to enhance FRET, has the opposite effect. A 100 °C treatment led to a complete loss of acceptor emission (~700 nm) accompanied by a pronounced increase in donor emission (~550 nm), indicating disruption of the energy-transfer pathway. Extending the solution-stirring from 24 h to 48 h partially restored the original FRET response, suggesting that prolonged mixing promotes a more pre-organised molecular arrangement, making the blend less susceptible to thermally induced phase separation. Solution sonication revealed an additional unexpected effect. In non-sonicated films, FRET emerged only above 15 wt% acceptor, whereas films from sonicated solutions exhibited FRET already at concentrations as low as 5 wt%, representing a threefold reduction in the percolation threshold. Quenching occurred at 25 wt% in both cases, independent of sonication. The donor underwent an irreversible, kinetically driven transition from granular to fibrillar morphology. Collectively, these findings establish that FRET is not a one-way switch, but a processing-dependent equilibrium that can be weakened by thermal annealing, strengthened by extended stirring, and shifted to lower acceptor loadings through sonication. Further optimisation of processing will enable controllable FRET in the organic blends, resulting in efficient NIR-I emission.

This work was supported by the National Science Centre (Poland), UMO-2021/43/D/ST5/02786

[1] G. Martínez Denegri, F. A. Soares, P. Ślęczkowski, Adv. Opt. Mater. 13 (2025) 2403073.

ANALIZA WPŁYWU WARUNKÓW DEPOZYCJI PLAZMOWEJ NA WŁAŚCIWOŚCI NANOKATALIZATORÓW NIKLOWYCH DO ZASTOSOWAŃ W KONWERSJI CO₂

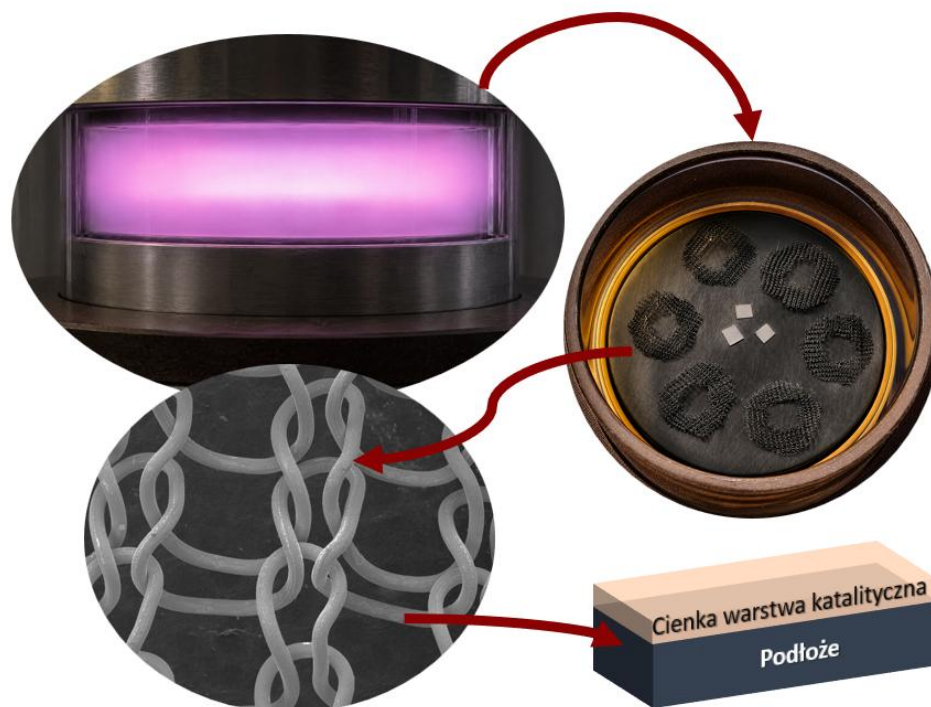
inż. Patryk Szreter

Promotor: **prof. dr hab. inż. Hanna Kierzkowska-Pawlak**

Opiekun pomocniczy: **dr Maciej Fronczak**

*Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Zakład Inżynierii Molekularnej, ul. Stefana Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Opracowano warunki depozycji cienkowarstwowych nanokatalizatorów niklowych na podłożach strukturalnych z wykorzystaniem techniki PECVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition) oraz acetyloacetonianu niklu(II) jako prekursora. Depozycja plazmowa jest metodą precyzyjną, ekologiczną, a forma cienkowarstwowa umożliwia pokrywanie podłoży o złożonej geometrii, co ma znaczenie dla zastosowań w reaktorach strukturalnych. Otrzymane warstwy charakteryzowały się średnią szybkością wzrostu wynoszącą 48 nm min⁻¹. Nanokatalizatory kalcynowane w powietrzu (400°C, 2 h) wykazywały aktywność w reakcji uwodornienia CO₂ do CH₄ i CO, osiągając konwersję na poziomie 30% w 400°C oraz selektywność do metanu S_{CH₄}=41%, co potwierdza ich potencjał jako katalitycznych wypełnień strukturalnych w procesach chemicznej konwersji CO₂.



Rysunek 1. Reaktor PECVD wraz z podłożami w postaci siatek i blaszek kantalowych

AGRO-ODPADY JAKO NAPEŁNIACZE FUNKCJONALNE W KOMPOZYCJACH POLIMEROWYCH

Aleksandra Drzazga

Promotor: **prof. dr hab. inż. Anna Masek**

Opiekun: **dr inż. Małgorzata Latos-Brózio**

***Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników PŁ,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź***

Dodatki naturalne są coraz częściej stosowane w obszarze przetwórstwa polimerowego [1, 2]. Należą do nich między innymi agro-odpady, które zawierają szereg istotnych substancji i związków chemicznych, dzięki czemu mogą z powodzeniem pełnić przeznaczenie funkcjonalnych napełniaczy [1,2]. Zawartość takich związków, jak flawony, kwasy fenolowe, proantocyjanidyny może wspomóc regulację życia produktu, ochraniając kompozycję polimerową przed czynnikami zewnętrznymi, jak promieniowanie UV, jednocześnie zwiększając charakter biodegradowalny tworzywa, co umożliwia jego rozkład oraz kompostowanie w kontrolowanych warunkach [3]. Podczas prezentacji posterowej przedstawione zostaną wyniki pracy nad kompozytami o zwiększonej proekologiczności. Oceniony zostanie wpływ dodatku naturalnego, pochodzącego z agro-odpadu jabłkowego, w stężeniach 1-50 cz.wag. na polilaktyd (PLA) oraz polietylen (PE).

Praca sfinansowana i wykonana w ramach grantu: UMO-2023/51/D/ST11/00165.

- [1] K. K. Gaikwad, J. Y. Lee, Y. S. Lee, JFST, 53 (2016) 1608-1619.
- [2] A. Hejna, M. Barczewski, P. Kosmela, O. Mysiukiewicz, Waste and Biomass Valorization, 14 (2023) 2691-2706.
- [3] B. Kirschweng, D. Tátraaljai, E. Földes, B. Pukánszky, Polymer Degradation and Stability, 145 (2017) 25-40.

WPŁYW ZAWRACANIA DROBNYCH FRAKCJI PROSZKU NA AGLOMERACJĘ W PRZECIWPRAĐOWEJ SUSZARCE ROZPRYSKOWEJ WODNYCH ROZTWORÓW MALTODEKSTRYNY

Przemysław Bujanowski

Promotor: **dr hab. inż. Maciej Jaskulski, prof. Uczelni**

***Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Katedra Inżynierii Środowiska, ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź***

Celem pracy było zbadanie wpływu zawracania drobnej frakcji cząstek (finsów) na przebieg aglomeracji oraz właściwości końcowe proszku w procesie przeciwpłądowego suszenia rozpryskowego wodnych roztworów maltodekstryny. Drobne frakcje o zakresie średnic 45-90 μm oraz poniżej 45 μm dozowano pneumatycznie, symulując przemysłową recyrkulację cząstek.

Zakres badania obejmował zmiany temperatury powietrza, udziału dodawanej frakcji finsów, wysokości ich dozowania oraz ustawienia dyszy wprowadzającej cząstki do komory suszarniczej. Rozkład średnic cząstek wzdłuż kolumny uzyskano za pomocą systemu obrazowania typu Shadowgraph. Produkt końcowy analizowano pod względem rozkładu wielkości cząstek, wybranych właściwości fizycznych oraz morfologii.

Praca jest współfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w Polsce w ramach programu „OPUS 20 LAP” (numer umowy UMO-2020/39/I/ST8/01149) oraz Niemiecką Fundację Badawczą (numer projektu 465347282). Badania prowadzone są w ramach wspólnego projektu Politechniki Łódzkiej i Uniwersytetu Ottona von Guericke w Magdeburgu zatytułowanego: „Badanie mechanizmu aglomeracji cząstek w przeciwpłądowym suszeniu rozpryskowym z zawracaniem cząstek stałych”

S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

PROJEKTOWANIE I ANALIZA STRUKTURALNA NOWYCH SOLI FORMAMIDYNIOWYCH Z KWASAMI ORGANICZNYMI

Oliwia Bobińska

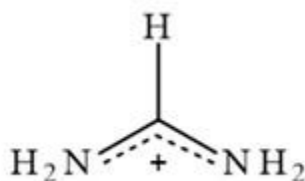
Promotor: dr Kinga Wzgarda-Raj

Opiekun: dr Kinga Wzgarda-Raj

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

Rosnące zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii, związane z potrzebą ograniczenia skutków zmian klimatycznych oraz poszukiwania alternatyw dla paliw kopalnych, przyczynia się do intensywnego rozwoju nowoczesnych technologii fotowoltaicznych [1]. Wśród nich szczególne miejsce zajmują perowskitowe ogniwa słoneczne (PSC), w których kluczową rolę odgrywa kation formamidyniowy (FA^+) [2]. Układy te, dzięki wysokiej sprawności konwersji energii oraz korzystnym właściwościom fizycznym, takim jak elastyczność i niewielka masa, uznawane są za jedno z najbardziej perspektywicznych rozwiązań w tej dziedzinie, stanowiąc konkurencję dla klasycznych ogniw krzemowych [2, 3].

Celem przeprowadzonych badań było otrzymanie oraz analiza strukturalna nowych, dotychczas nieopisanych soli formamidyniowych. W tym celu przeprowadzono krystalizacje jodku formamidyny (FAI) z wybranymi kwasami organicznymi, otrzymując 4 nowe struktury zawierające kation FA^+ : 2-hydroksy-3,5-dinitrobenzoesan formamidyny, pirydyno-2,3-dikarboksylan formamidyny, 4-nitrobenzoesan formamidyny oraz 3,5-dinitrobenzoesan formamidyny. Przeprowadzone badania dyfraktometryczne umożliwiły wyznaczenie struktur krystalicznych oraz analizę parametrów geometrycznych oddziaływań niekowalencyjnych. Obliczenia kwantowo-chemiczne pozwoliły na pogłębioną charakterystykę natury oddziaływań międzycząsteczkowych występujących w badanych solach. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do projektowania nowych materiałów o pożądanych właściwościach elektronicznych.



Rysunek 1. Wzór strukturalny kationu formamidyniowego (FA^+)

Praca wykonana w ramach Studenckiego Grantu Badawczego 2026

- [1] N. Suresh Kumar, K. Chandra Babu Naidu, *Journal of Materiomics*, 7 (2021) 940-956.
- [2] M.I. Jamesh, H. Tong, M. Du, W. Niu, G. Jia, K.C. Cheng, C.W. Hsieh, H.H. Shen, B. Xu, Y. Tian, X. Xu, H.Y. Hsu, *npj Materials Sustainability*, 3 (2025) 1-46.
- [3] W.C. Qiao, J.Q. Liang, W. Dong, K. Ma, X.L. Wang, Y.F. Yao, *NPG Asia Materials*, 14 (2022) 1-10.

ANALIZA KWANTOWO-CHEMICZNA WŁAŚCIWOŚCI STRUKTURALNYCH I SPEKTROSKOPOWYCH DIIZOTONIANU BUTANO-1,4-DIOLU

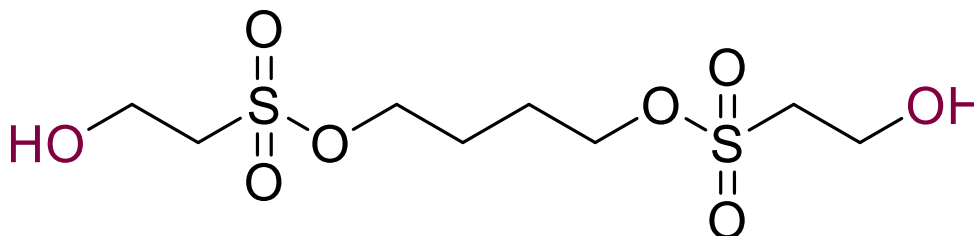
Martyna Imińska

Promotor: dr Marta Hoelm

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

Celem podjętych badań była analiza konformacyjna cząsteczki diizotonianu butano-1,4-diolu (BIT) będącej pochodną busulfanu – związku stosowanego w terapii przeciwko przewlekłej białaczce szpikowej. Ze względu na jego wysoką cytotoksyczność oraz występowanie szeregu skutków ubocznych wśród pacjentów poddanych terapii busulfanem nieustannie szuka się tak samo skutecznych, lecz mniej toksycznych analogów. Biorąc pod uwagę dotychczasowe rezultaty badań wskazujące na potencjał przeciwnowotworowy BIT-u oraz brak literaturowych doniesień na temat jego właściwości wynikających z budowy molekuly podjęto badania mające na celu uzupełnienie wiedzy na temat tego związku [1–3].

Przeszukanie konformacyjne zostało przeprowadzone z wykorzystaniem pięciu metod funkcjonału gęstości (DFT) z uwzględnieniem efektu rozpuszczalnika przy użyciu modeli CPCM oraz PCM dla wody. Następnie dla każdej metody wybrano pięć najstabilniejszych struktur i wykonano dla nich ponowną optymalizację – tym razem za model rozpuszczalnika przyjęto DMSO. Opisywana reoptymalizacja była konieczna, aby móc porównać przesunięcia ^1H oraz ^{13}C NMR obliczone teoretycznie z danymi eksperymentalnymi wykorzystanymi podczas analizy, które zostały udostępnione przez dr Bartłomieja Kosta z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk.



Rysunek 1. Wzór strukturalny diizotonianu butano-1,4-diolu (BIT).

Na posterze zaprezentowane zostaną najstabilniejsze konformery uzyskane z obliczeń przeprowadzonych na poziomie teorii DFT oraz porównanie teoretycznych wartości przesunięć chemicznych ^1H i ^{13}C NMR z danymi numerycznymi otrzymanymi eksperymentalnie.

Praca sfinansowana w ramach grantu: Studenckie Granty Badawcze

- [1] Y. Kawazoe, N. Tamura, Gann 72 (1981) 862–867.
- [2] T. Kato, Y. Ohzawa, Y. Suzumura, K. Kohda, H. Kimoto, Y. Kawazoe, Jpn. J. Cancer Res. 79 (1988) 1048–1053.
- [3] I. Buggia, F. Locatelli, M. B. Regazzi, M. Zecc, Ann. Pharmacother. 28 (1994) 1055–1062.

ZASTOSOWANIE SPEKTROSKOPII W ANALIZIE ODDZIAŁYWAŃ PAROKSETYNY Z BIAŁKAMI KRWI NA POTRZEBY BADAŃ KRYMINALISTYCZNYCH

inż. Gabriela Bartecka

Promotor: **dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. Uczelni**

Opiekun: **dr inż. Karolina Beton-Mysur**

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej,
Laboratorium Laserowej spektroskopii molekularnej,
ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź*

Zaburzenia psychiczne należą do najczęstszych problemów zdrowotnych i dotyczą ponad miliarda osób, obniżając jakość ich życia.

W terapii stosuje się substancje psychoaktywne oddziałujące na ONU, które bywają też używane pozamedycznie, co wiąże się ze wzrostem przestępczości. Kluczowe znaczenie mają badania toksykologiczne materiałów biologicznych, zwłaszcza krwi, umożliwiające wykrywanie substancji i ich metabolitów. Wiele związków wchodzi w interakcje z białkami osocza, co wpływa na ich detekcję. Przykładem jest paroksetyna - lek z grupy SSRI o wysokim stopniu wiązania z białkami (93–95%).

W badaniach stosowałam techniki spektroskopowe: spektroskopię Ramana, fluorescencyjną oraz UV-VIS, pozwalające badać strukturę i oddziaływania międzycząsteczkowe. Zaobserwowane przesunięcie batochromowe potwierdza tworzenie kompleksu lek-białko.

Można więc wnioskować, że metody spektroskopowe - czułe i selektywne, umożliwiają ocenę kinetyki wiązania oraz wpływu stężenia i środowiska na stabilność kompleksu, ma znaczenie w interpretacji próbek kryminalistycznych.

SPEKTROSKOPOWE BIOMARKERY UZALEŻNIEŃ – ANALIZA BIOMOLEKULARNA WPŁYWU PAROKSETYNY NA LUDZKIE KOMÓRKI JELITA GRUBEGO

Natalia Plucińska

Promotor: **dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. Uczelni**

Opiekun: **dr inż. Karolina Beton-Mysur**

***Politechnika Łódzka, Wydział Chemii, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej,
ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź***

Uzależnienia oraz zaburzenia psychiczne stanowią istotny problem współczesnej medycyny i zdrowia publicznego. W związku z rosnącą liczbą pacjentów stosujących leki psychotropowe, coraz większe znaczenie mają badania nad ich wpływem na organizm człowieka, nie tylko na poziomie neurologicznym, ale również komórkowym i biomolekularnym. Szczególną uwagę poświęca się obecnie identyfikacji biomarkerów, umożliwiających ocenę zmian metabolicznych i strukturalnych wywołanych przez zastosowanie farmaceutyków. W tym kontekście istotną rolę odgrywają techniki spektroskopowe, które pozwalają na dość szybką, nieinwazyjną oraz wysoko czułą analizę składu biochemicznego komórek i tkanek.

Celem pracy jest analiza wpływu paroksetyny na prawidłowe i nowotworowe komórki jelita grubego. W ramach badań wykonane zostaną hodowle komórkowe oraz testy przeżywalności oparte na aktywności mitochondrialnej w celu oceny cytotoksyczności paroksetyny. Analiza spektroskopowa zostanie wykonana z wykorzystaniem spektroskopii i obrazowania Ramana, Analiza uwzględni identyfikację zmian w zakresie lipidów, białek oraz kwasów nukleinowych. Uzyskane dane zostaną poddane analizie chemometrycznej (PLS-DA). Wyniki spektroskopowe zostaną zestawione z wynikami biologicznymi, aby określić zależności między cytotoksycznością a zmianami biochemicznymi. Ocenie zostanie poddana możliwość wykorzystania spektroskopii Ramana do identyfikacji biomarkerów związanych z działaniem paroksetyny i procesami uzależnień.

SPEKTROSKOPOWE BADANIA KINETYCZNE WPŁYWU TEMPERATURY I SKŁADU JONOWEGO NA KONWERSJĘ JONÓW CHLORKOWYCH DO FORM RODNIKOWYCH W NAPROMIENIOWANYCH WODNYCH ROZTWORACH KWASU SOLNEGO

Maria Grapow

Promotor: **prof. dr hab. inż. Dorota Świątła-Wójcik**

***Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej,
ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź***

Radioliza wody, zachodząca w środowisku wodnym, prowadzi do powstawania wysoce reaktywnych rodników (m.in. rodnika hydroksylowego ($\cdot\text{OH}$)), inicjujących dalsze przemiany chemiczne zależne od składu roztworu. W obecności jonów H_3O^+ i rodników $\cdot\text{OH}$, jony Cl^- łatwo ulegają przekształceniu w reaktywne formy rodnikowe (Cl^\bullet i $\text{Cl}_2^{\bullet-}$). Rodniki te uczestniczą w wielu procesach środowiskowych, takich jak przemiany ozonu i metanu [1, 2]. Biorą również udział w procesach technologicznych, m.in. w przemianach chemicznych pestycydów fosforoorganicznych i farmaceutyków [3, 4]. Są także zaangażowane w procesy biologiczne, takie jak uszkodzenie DNA oraz degradacja hialuronianu w mazi stawowej [5, 6]. Z tego względu istotne jest poznanie kinetyki ich tworzenia.

Celem pracy było zbadanie wpływu temperatury oraz składu jonowego roztworu na kinetykę konwersji $\cdot\text{OH}$ do $\text{Cl}_2^{\bullet-}$ w rozcieńczonych wodnych roztworach HCl. Badania przeprowadzono metodą radiolizy impulsowej w zakresie temperatur 5–40°C oraz dla różnych stężeń HCl (10, 20 i 30 mM) i NaClO_4 (0,0–3,0 mol/kg). Wykazano, że przy ustalonym stężeniu soli, stała szybkości tworzenia $\text{Cl}_2^{\bullet-}$ rośnie parabolicznie ze wzrostem stężenia HCl, od wartości rzędu 10^5 s^{-1} do 10^6 s^{-1} , a dodatek soli znacznie obniża szybkość tworzenia, ale tylko w zakresie 0,0–1,0 mol/kg. Wyznaczone energie aktywacji reakcji konwersji zależą od składu jonowego roztworu i mieszczą się w zakresie 4,8–8,9 kJ/mol.

- [1] M. J. Lawler, R. Sander, L. J. Carpenter, J. D. Lee, R. von Glasow, R. Sommariva, E. S. Saltzman, *Atmos. Chem. Phys.* 11(15) (2011) 7617.
- [2] M. Brigante, M. Minella, G. Mailhot, V. Maurino, C. Minero, D. Vione, *Chemosphere*, 95 (2014) 464.
- [3] P. Caregnato, Rosso, J. A., J. M. Soler, A. Arques, D. O. Mártire, M. C. Gonzalez, *Water Res.* 47(1) (2013) 351.
- [4] C.-X. Chen, S.-S. Yang, J. Ding, L. Ding, R. Wu, L.-M. Liu, J.-W. Pang, L. He, J.-Q. Jiang, N.-Q. Ren, *Appl. Catal. B* 33 (2023) 334.
- [5] S. Al-Assaf, S. Navaratnam, B. J. Parsons, G. O. Phillips, *Free Radic. Biol. Med.*, 40(11) (2006) 2018.
- [6] T. Takahashi, K. Yamauchi, T. Masuda, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 58(1) (1985) 223.

STRUKTURA A AKTYWNOŚĆ PRZECIWBAKTERYJNA NOWYCH POCHODNYCH HYDRAZyny

Krzysztof Muszyński

Promotor: **dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. Uczelni**

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

W dzisiejszych czasach nadużywane jest przepisywanie i zażywanie antybiotyków. Fakt ten jest bezpośrednio związany z poszerzaniem się zjawiska antybiotykoodporności. Nadużywanie antybiotyków prowadzi do wytwarzania, a także selekcji bakterii opornych na powszechnie dostępne antybiotyki. Nadzieją na powstrzymanie tego niekorzystanego zjawiska są leki wykazujące działanie przeciwbakteryjne, ale jednocześnie nie będące antybiotykami [1, 2].

Pochodne hydrazyny stanowią interesującą grupę związków rozpatrywanych jako potencjalne źródło nowych kandydatów na leki. Obecność grupy hydrazynowej umożliwia łatwą modyfikację ich struktury, co w połączeniu z szerokim spektrum aktywności biologicznej czyni te związki szczególnie interesującym obiektem badań [3].

Głównym celem pracy była ocena aktywności fizykochemicznej i toksyczności nowych pochodnych hydrazyny, a także wybór jednej z nich i określenie jej struktury krystalicznej. Badania obejmowały krystalizację, udokładnienie struktury, dokowanie molekularne oraz analizę właściwości farmakokinetycznych związków. Strukturę wyznaczono metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD).

- [1] B. Khameneh, M. Iranshahy, V. Soheili, and B. S. Fazly Bazzaz, *Antimicrob. Resist. Infect. Control* 8(1) (2019) 118. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0559-6>
- [2] N. M. Vandavelde, P. M. Tulkens, and F. Van Bambeke, *Drug Discov. Today* 21(7) (2016) 1114–1129. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2016.04.001>
- [3] T. J. Wiegand and G. Brock, "Hydrazine," in *Encyclopedia of Toxicology (Fourth Edition)*, P. Wexler, Ed., Oxford: Academic Press, 2024, 381–386. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.01191-X>

OCENA ZUŻYCIA ENERGII W PROCESIE DESORPCJI DWUTLENKU WĘGLA Z ZASTOSOWANIEM METODY KALORYMETRYCZNEJ

Zuzanna Garstka

Promotor: **dr inż. Mariia Sobulska**

***Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Katedra Inżynierii Środowiska, ul. Wólczańska 213, 90-001 Łódź***

Praca koncentruje się na analizie energochłonności procesu desorpcji CO₂. Zakres prac objął adaptację reaktora kalorymetrycznego RC1e, co umożliwiło precyzyjne monitorowanie wszystkich składowych zapotrzebowania energetycznego w czasie rzeczywistym. Badaniami objęto roztwory amin, poliamin oraz soli aminokwasów. Wykorzystując termodynamiczną zależność między ciepłem absorpcji a desorpcji, przyjęto założenie o ich równowartości. Pozwala to na szczegółową ocenę wpływu stężenia roztworu, temperatury oraz stopnia nasycenia CO₂ na jednostkowe zużycie energii. Uzyskane wyniki mogą stanowić podwaliny pod optymalizację przemysłowych systemów wychwytu węgla (CCS).

Praca realizowana w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w Polsce w ramach programu OPUS LAP Weave 26 (Numer umowy UMO-2023/51/I/ST8/01852)

ANALIZA DŁUGOFALOWEJ STABILNOŚCI INNOWACYJNYCH ABSORBENTÓW CHEMICZNYCH

Gniewomir Lewandowski

Promotor: **dr. inż. Michał Błatkiewicz**

***Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Katedra Inżynierii Środowiska, ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź***

W ramach pracy wykonane mają zostać testy cyklicznej absorpcji i desorpcji dwutlenku węgla w roztworach argininianu potasu oraz tetraetylenopentaminy, w których mierzona będzie zmiana maksymalnego poziomu wysycenia oraz desorpcji oraz zmiana kinetyki następujących absorpcji. W tym celu przygotowano dwa aparaty badawcze – reaktor z płaską powierzchnią kontaktu do badań kinetyki absorpcji oraz instalację do szybkiej, powtarzalnej absorpcji i desorpcji dwutlenku węgla.

Praca wykonana w ramach projektu: NCN OPUS 26 (LAP) 2023/51/I/ST8/01852

ZAUTOMATYZOWANA PROCEDURA OBLICZENIOWA DO ANALIZY CZĄSTECZEK GENEROWANYCH PRZEZ SIECI NEURONOWE: OD SMILES DO DOCKINGU MOLEKULARNEGO

Szymon Danielski

Opiekun: **dr Bartłomiej Gostyński**

***Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź***

W niniejszej pracy przedstawiono zautomatyzowaną, pięcioetapową procedurę obliczeniową przeznaczoną do znajdowania energii wiązań do receptora cząsteczek-kandydatów generowanych przez sieci neuronowe w ramach projektowania leków wspomaganego komputerowo. W odróżnieniu od klasycznych układów modelowych, cząsteczki produkowane przez modele generatywne dostarczane są wyłącznie w postaci ciągów SMILES lub grafów molekularnych. Formy takie nie niosą informacji o geometrii 3D czy o stanie sprotonowania - zaproponowany workflow eliminuje tę lukę, przetwarzając równoległe dowolną liczbę wygenerowanych struktur w zautomatyzowany sposób.

S05 – Dydaktyka Chemii

POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA EKSPERYMENTÓW CHEMICZNYCH W EDUKACJI PRZEDSZKOLNEJ

Ewelina Pawlik

Promotor: **dr Ewa Stronka-Lewkowska**

Opiekun: **dr Ewa Stronka-Lewkowska**

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

Celem pracy było zbadanie potrzeb oraz możliwości realizacji eksperymentów chemicznych w edukacji przedszkolnej, ze szczególnym uwzględnieniem współpracy z Wydziałem Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w zakresie ich organizacji i przeprowadzania.

Badanie zrealizowano z wykorzystaniem ankiety przeprowadzonej wśród nauczycieli wychowania przedszkolnego pracujących w łódzkich placówkach przedszkolnych.

Na podstawie uzyskanych wyników ankiety opracowano pakiet materiałów dydaktycznych, obejmujący instrukcje dla nauczycieli wychowania przedszkolnego i dzieci w wieku przedszkolnym. Instrukcje zostały przetestowane w jednym z łódzkich przedszkoli.

Badania wykazały, że istnieje potrzeba i możliwość przeprowadzania eksperymentów chemicznych w edukacji przedszkolnej przy wsparciu nauczycieli materiałami dydaktycznymi. Jednocześnie nauczyciele są zainteresowani współpracą z Wydziałem Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w ramach realizacji zajęć eksperymentalnych.

DOŚWIADCZENIA W SZKOLE ŚREDNIEJ – WYKRYWANIE BIAŁEK I AMINOKWASÓW W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH

Oliwia Bobińska

Promotor: dr Katarzyna Urbaniak

Opiekun: dr Katarzyna Urbaniak

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

Eksperyment chemiczny stanowi ważny element nauczania chemii, umożliwiając uczniom rozwijanie umiejętności praktycznych oraz lepsze zrozumienie omawianych zagadnień [1, 2]. Szczególnie wartościowe są doświadczenia związane ze zjawiskami i produktami znanymi uczniom z życia codziennego, ponieważ zwiększają ich zaangażowanie oraz pomagają dostrzec praktyczne znaczenie chemii [3].

W ramach przygotowanej pracy przeprowadzono doświadczenia dotyczące identyfikacji białek, obejmujące reakcję biuretową (Rys. 1) i ksantoproteinową, oraz wykrywanie aminokwasów siarkowych. W każdym eksperymencie wykorzystano te same produkty spożywcze, m.in. białko jaja kurzego, mleko krowie, twaróg oraz napój roślinny. Opracowano także instrukcje laboratoryjne umożliwiające samodzielne wykonanie doświadczeń przez uczniów lub wykorzystanie ich przez nauczyciela podczas pokazu. Proponowane doświadczenia mogą wspierać zarówno popularyzację chemii, jak i przygotowanie uczniów do egzaminu maturalnego z tego przedmiotu.



Rysunek 1. Wynik dodatni dla próby biuretowej

[1] K.S. Taber, The School Science Review 96 (2015) 75-83.

[2] A.A. Chibabi, S.E. Umoru, D.O. Onah, E.E. Itodo, IOSR-JRME 8 (2025) 31-39.

[3] G.L. Crawford, K.D. Kloepper, ACS Symposium Series 1462 (2023) 1-9.

OPRACOWANIE I EWALUACJA MATERIAŁÓW DYDAKTYCZNYCH WSPIERAJĄCYCH KSZTAŁCENIE STUDENTÓW NA PRZYKŁADZIE ĆWICZENIA Z CHLOROWANIA WODY

Julia Niewiadomska

Promotor: **dr Dominik Szczukocki, prof. UŁ**

Opiekun: **dr Dominik Szczukocki, prof. UŁ**

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

Celem pracy dyplomowej było opracowanie nowoczesnej instrukcji do ćwiczenia laboratoryjnego dotyczącego chlorowania wody do punktu przełamania oraz przygotowanie materiałów wspierających proces dydaktyczny w nauczaniu chemii analitycznej oraz chemii środowiska [1–2]. W ramach pracy przygotowano kompletną instrukcję laboratoryjną obejmującą procedurę jodometrycznego oznaczania chloru, materiały multimedialne w postaci filmów instruktażowych i dokumentacji fotograficznej, a także wzory sprawozdań ułatwiające studentom opracowanie wyników doświadczeń.

Istotnym elementem pracy była ocena przydatności opracowanych materiałów dydaktycznych. W tym celu przeprowadzono badanie ankietowe wśród studentów realizujących ćwiczenie laboratoryjne. Ankieta pozwoliła porównać dotychczas stosowaną instrukcję z nowo opracowaną wersją pod względem zrozumiałości treści, atrakcyjności formy przekazu oraz skuteczności wspomaganie procesu uczenia się. Uzyskane wyniki wskazują, że nowa instrukcja została oceniona przez studentów jako bardziej przejrzysta i intuicyjna, a zastosowanie materiałów multimedialnych sprzyjało większemu zaangażowaniu studentów oraz ułatwiło samodzielne przygotowanie do ćwiczenia.

[1] B. Buszewski, P. Kosobucki, Fyzykochemiczne metody analizy w chemii środowiska, Toruń 2003.

[2] A. Kowal, M. świderska-Bróż, Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia, Warszawa 2009.

USTAWIENIE ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO DLA STUDENTÓW PT.: BADANIA TRIBOLOGICZNE WYBRANYCH ŚRODKÓW SMARNYCH

Karolina Papuga

Promotor: **dr Renata Stanecka-Badura**

Opiekun: **dr Renata Stanecka-Badura**

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

Zjawiska tribologiczne występują wszędzie, gdzie elementy ruchome stykają się ze sobą. Można je zaobserwować w maszynach przemysłowych czy w skrzyniach zmiany biegów. Podczas ruchu między tymi powierzchniami występuje zjawisko tarcia, które powoduje nie tylko straty energetyczne, ale również straty wywołane zużyciem [1]. Skutkiem zużycia jest najczęściej potrzeba wymiany elementów, zespołów bądź całych maszyn. W związku z tym konieczne jest stosowanie środków, które zapewniają trwałość i sprawność układów mechanicznych. Dlatego właściwe smarowanie odgrywa kluczową rolę, aby zmniejszyć tarcie, zużywanie oraz zapewnić właściwe zabezpieczenie przed uszkodzeniami. Badania tribologiczne ułatwiają zrozumieć w/w procesy oraz umożliwiają skuteczne rozwiązania zapobiegające negatywnym skutkom zjawiska tarcia między elementami trącymi.

W niniejszej pracy głównym celem było opracowanie instrukcji dla studentów Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Praca została podzielona na część literaturową oraz część doświadczalną.

W części literaturowej przedstawiono treści związane z tematyką tribologii oraz definicjami procesów, których dotyczą badania tribologiczne. Opisano również najważniejsze zasady bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania pomiarów na aparacie tarciovym typu czterokulowiec oraz mikroskopie Brinella. Następnie omówiono rolę eksperymentu chemicznego w procesie kształcenia oraz przedstawiono instrukcję jako integralny element kształcenia umiejętności praktycznych. W w/w rozdziale również zaznaczono cele operacyjne zajęć z wykorzystaniem opracowanej instrukcji. W pracy podkreślono również znaczenie badań ankietowych jako metodę ewaluacji.

W części doświadczalnej przedstawiono proces tworzenia instrukcji, zaczynając od analizy kart charakterystyk obiektów badań oraz wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego poprzedzającego zajęcia, zgodnie z opracowaną instrukcją. Następnie opisano metodologię badań tribologicznych, ankietowych oraz analizę wyników.

Bazując na badaniach własnych oraz wykonaniu doświadczenia przez studentów, opracowano instrukcje, której czytelność oraz precyzyjność potwierdzają wyniki badań ankietowych. Otrzymane wyniki testów, potwierdzają skuteczność stworzonej instrukcji jako integralnego elementu kształcenia umiejętności praktycznych oraz sposobu przekazywania wiedzy.

[1] Z. Lawrowski, Tribologia. Tarcie, zużywanie i smarowanie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.

OPRACOWANIE INSTRUKCJI Z ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH DOTYCZĄCYCH METOD OTRZYMYWANIA ORAZ REAKCJI CHARAKTERYSTYCZNYCH POLIMERÓW SYNTETYCZNYCH

Monika Kusiak

Promotor: **dr Robert Kołodziuk**

Opiekun: **dr Robert Kołodziuk**

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

Polimery syntetyczne to wielkocząsteczkowe związki chemiczne otrzymane w reakcji polimeryzacji addycyjnej lub polikondensacji z prostych cząsteczek {monomerów} pozyskiwanych np. z ropy naftowej i gazu ziemnego. Spośród wielu zalet polimerów syntetycznych można wymienić ich: lekkość, trwałość, odporność na wodę i chemikalia, łatwość formowania pożądanych kształtów. W większości przypadków związki te są również dobrymi izolatorami elektrycznymi. Do nielicznych wad polimerów syntetycznych niestety należy zaliczyć powolny ich rozkład przez co, niewłaściwie składowane, zanieczyszczają środowisko naturalne. Inną niepożądaną właściwością tej grupy związków jest fakt, iż polimery syntetyczne podczas spalania wydzielają toksyczne substancje, co dodatkowo utrudnia ich utylizację. Mimo wszystko, zastosowanie polimerów jest bardzo szerokie. Spotykamy się z nimi w życiu codziennym praktycznie wszędzie. Wykonane są z nich m.in. ubrania, opakowania, materiały budowlane i medyczne. Wskazane jest zatem, aby studenci mogli zapoznać się z metodami syntezy oraz właściwościami polimerów syntetycznych w skali laboratoryjnej na pracowni chemicznej [1]. W niniejszej prezentacji przedstawię podsumowanie prac nad opracowaniem instrukcji z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących metod otrzymywania oraz reakcji charakterystycznych polimerów syntetycznych. Tak opracowane instrukcje mogą być w przyszłości wykorzystywane przez studentów podczas wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych [1, 2].

[1] D. Feldman, Polymer History, Designed Monomers and Polymers 11 (2008) 1-15.

[2] R. B. Seymour, Polymers Are Everywhere, Journal of Chemical Education 65 (1988) 4 327-334.

BADANIA ANKIETOWE WERYFIKUJĄCE POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA EKSPERYMENTÓW CHEMICZNYCH W NAUCZANIU WCZESNOSZKOLNYM

Patrycja Brożyna

Promotor: **dr Piotr Seliger, prof. UŁ**

Opiekun: **dr Piotr Seliger, prof. UŁ**

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

Eksperyment to najlepsza okazja do zadawania nowych pytań, dotyczących otaczającego nas świata. Powinniśmy zarażać dzieci pasją do odkrywania, dociekania, zadawania pytań i szukania odpowiedzi już od najmłodszych lat. Metody, jakimi dzieci poznają świat na tym etapie, bez wątpienia wpłyną na ich dalsze życie. Im wcześniej wprowadzimy dzieci w świat nauki, tym większa szansa, że będą one w przyszłości aktywnie uczestniczyć w tworzeniu nowych rozwiązań, które mogą zrewolucjonizować naszą rzeczywistość.

Celem pracy jest zbadanie, w jakim stopniu eksperymenty chemiczne są wykorzystywane w edukacji wczesnoszkolnej, a także zweryfikowanie poziomu przygotowania merytorycznego, dostępnych zasobów oraz nastawienia nauczycieli wobec stosowania doświadczeń chemicznych. Wyniki pracy mają na celu wskazanie obszarów wymagających wsparcia i rozwoju w kontekście dydaktyki chemii w edukacji wczesnoszkolnej oraz ukazanie potencjału eksperymentu jako narzędzia inspirującego i rozwijającego młodych uczniów.

Aby osiągnąć cel pracy przeprowadzono ankiety wśród 65 nauczycieli pracujących w 20 szkołach podstawowych w Łodzi. Były to zarówno placówki publiczne jak i prywatne. Dobór uczestników miał charakter celowy, ponieważ do udziału zaproszono osoby bezpośrednio realizujące nauczanie w klasach I–III, posiadające doświadczenie w pracy z dziećmi w wieku wczesnoszkolnym. Dzięki temu możliwe było uzyskanie wiarygodnych informacji odnoszących się do realnych warunków pracy dydaktycznej. Dodatkowo przygotowano zestaw instrukcji dla nauczycieli oraz uczniów do przeprowadzenia prostych doświadczeń chemicznych.

Badanie wykazało, że nauczyciele edukacji wczesnoszkolnej dostrzegają dużą wartość eksperymentów chemicznych w rozwijaniu ciekawości, wyobraźni oraz aktywności uczniów. Respondenci deklarują gotowość do prowadzenia doświadczeń i preferują formę łączącą pokaz nauczyciela z samodzielną pracą dzieci. Jednocześnie wyniki wskazują na liczne bariery organizacyjne, takie jak brak odpowiednich warunków lokalowych, materiałów dydaktycznych oraz niewystarczające wsparcie ze strony szkół i instytucji zewnętrznych. Nauczyciele podkreślają potrzebę szkoleń, warsztatów i lepszego wyposażenia szkół, które umożliwiłyby częstsze i bezpieczniejsze prowadzenie eksperymentów w edukacji wczesnoszkolnej.

SPIS TREŚCI

KOMITETY	4
JURY SESJI	6
PARTNERZY	7
PATRONAT MEDIALNY	7
O SESJI	8
PROGRAM	9
WYKŁAD NA ZAPROSZENIE	
Prof. Dr hab. Grzegorz Młostoń	
STANISŁAW KOSTANECKI (1860–1910) – WYBITNY CHEMIK I PATRIOTA	10
STRESZCZENIA KOMUNIKATÓW USTNYCH DOKTORANTÓW	12
STRESZCZENIA POSTERÓW DOKTORANTÓW	19
S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia	20
S02 – Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia, Chemia Żywności i Chemia Medyczna	39
S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Technologia Chemiczna	58
S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia	78
STRESZCZENIA POSTERÓW MAGISTRANTÓW	84
S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia	85
S02 – Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia, Chemia Żywności i Chemia Medyczna	104
S03 - Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Technologia Chemiczna	135
S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia	147
S05 – Dydaktyka Chemii	157
SPIS AUTORÓW	165
INDEKS	169

SPIS AUTORÓW

STRESZCZENIA KOMUNIKATÓW USTNYCH DOKTORANTÓW

K01	Monika Wypych	str. 13
K02	Daria Zygała-Pytlos	str. 14
K03	Michalina Wasilewska	str. 15
K04	Silla George Raju	str. 16
K05	Weronika Bałdys	str. 17
K06	Katarzyna Zielińska	str. 18

STRESZCZENIA POSTERÓW DOKTORANTÓW

S01 – Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia

PD01	Abdelatif Laroui	str. 21
PD02	Hamed Zafarani	str. 22
PD03	Michał Świdorski	str. 23
PD04	Gabriela Machura	str. 24
PD05	Monika Wypych	str. 25
PD06	Maryia-Mazhena Dzemidovich	str. 26
PD07	Marta Gawęł	str. 27
PD08	Bartłomiej Hurny	str. 28
PD09	Urszula Sodomir	str. 29
PD10	Adrian Olszewski	str. 30
PD11	Aleksander Kucharek	str. 31
PD12	Neelam Kumari	str. 32
PD13	Łukasz Orszański	str. 33
PD14	Damian Kryszczak	str. 34
PD15	Julia Cegielska	str. 35
PD16	Dawid Krakowiak	str. 36
PD17	Patrycja Schab	str. 37
PD18	Natalia Gierczak	str. 38

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

PD01	Patrycja Jaroniek	str. 40
PD02	Julia Szymańska	str. 41
PD03	Adrian Warcholiński	str. 42
PD04	Eliza Świętczak	str. 43
PD05	Julia Śleszyńska	str. 44
PD06	Zofia Milczarska	str. 45
PD07	Kacper Górecki	str. 46
PD08	Aleksandra Podlaska	str. 47
PD09	Mateusz Żółtobrocki	str. 48
PD10	Kinga Koszela	str. 49
PD11	Mateusz Wilgocki	str. 50
PD12	Katarzyna Kucybała	str. 51

PD13	Jonasz Tadeusz Starkiewicz	str. 52
PD14	Sima Alvani Alamdari	str. 53
PD15	Dominika Rubiak	str. 54
PD16	Patrycja Miara	str. 55
PD17	Dawid Szymborski	str. 56
PD18	Ewelina Fornal	str. 57

S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Technologia Chemiczna

PD01	Nasir Shakeel	str. 59
PD02	Jagoda Seroka	str. 60
PD03	Merin Rose Kalathiparambil Emmanuel	str. 61
PD04	Salim-Ramy Merouani	str. 62
PD05	Silla George Raju	str. 63
PD06	Małgorzata Głowczyńska	str. 64
PD07	Jan Rutkowski	str. 65
PD08	Martyna Pędzik	str. 66
PD09	Wiktor Wyderkiewicz	str. 67
PD10	Dorota Latańska-Wulw	str. 68
PD11	Mateusz Pęsko	str. 69
PD12	Zofia Kornatowska	str. 70
PD13	Marta Krencjasz	str. 71
PD14	Nina Bojanowska	str. 72
PD15	Joanna Wilińska	str. 73
PD16	Daria Marcelina Dendek	str. 74
PD17	Kamila Rułka	str. 75
PD18	Dawid Lisowski	str. 76
PD19	Katarzyna Kucharska	str. 77
		str. 78

S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

PD01	Olga Książkiewicz-Kołucka	str. 80
PD02	Marcin Właźlak	str. 81
PD03	Patryk Czapnik	str. 82
PD04	Magdalena Ostrycharz	str. 83
PD05	Ye Han	str. 84

STRESZCZENIA POSTERÓW MAGISTRANTÓW

S01 - Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia

PM01	Aleksandra Grzeszczak	str. 86
PM02	Łukasz Kmieciak	str. 87
PM03	Martyna Płodzik	str. 88
PM04	Jakub Ślubowski	str. 89
PM05	Paulina Kubacka	str. 90
PM06	Natalia Tomczyńska	str. 91
PM07	Klaudia Czarnecka	str. 92
PM08	Julia Socha	str. 93
PM09	Justyna Stępińska	str. 94
PM10	Adrianna Kałużiak	str. 95
PM11	Klaudia Jeżyna	str. 96
PM12	Angelika Plisiecka	str. 97
PM13	Julia Purtak	str. 98
PM14	Klaudia Pomorska	str. 99
PM15	Mikołaj Kurczak	str. 100
PM16	Aleksandra Pawełczyk	str. 101
PM17	Filip Kręgiel	str. 102
PM18	Aleksandra Kobalczyk	str. 103

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

PM01	Ilona Wnuk	str. 105
PM02	Julia Głowińska	str. 106
PM03	Oliwia Rewerska	str. 107
PM04	Maja Skrobek	str. 108
PM05	Barbara Olszewska	str. 109
PM06	Monika Kusiak	str. 110
PM07	Krzysztof Jan Boczar	str. 111
PM08	Weronika Wolna	str. 112
PM09	Marta Góralczyk	str. 113
PM10	Weronika Artkop	str. 114
PM11	Gabriela Baranowska	str. 115
PM12	Katarzyna Madalińska	str. 116
PM13	Adam Sptawski	str. 117
PM14	Oliwia Łukanowska	str. 118
PM15	Wiktoria Guldzińska	str. 119
PM16	Emilia Górra	str. 120
PM17	Weronika Zdziarska	str. 121
PM18	Kinga Sobczak	str. 122
PM19	Klaudia Ogień	str. 123
PM20	Anastasiia Abolonkina	str. 124
PM21	Klaudia Tylkowska	str. 125
PM22	Aleksandra Gutkowska	str. 126
PM23	Aleksandra Kocięba	str. 127
PM24	Eryk Jakim	str. 128
PM25	Weronika Prażanowska	str. 129

PM26	Aleksandra Różycka	str. 130
PM27	Gabriela Rzepkowska	str. 131
PM28	Małgorzata Kurczewska	str. 132
PM29	Julia Miszta	str. 133
PM30	Stanisław Sencerek	str. 134

S03 – Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Technologia Chemiczna

PM01	Karolina Papuga	str. 136
PM02	Szymon Wołoszyn	str. 137
PM03	Maja Staruch	str. 138
PM04	Zuzanna Dzwonnik	str. 139
PM05	Magda Koperska	str. 140
PM06	Natalia Kocur	str. 141
PM07	Julia Guz	str. 142
PM08	Wiktoria Kowalczyk	str. 143
PM09	Patryk Szreter	str. 144
PM10	Aleksandra Drzazga	str. 145
PM11	Przemysław Bujanowski	str. 146

S04 – Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

PM01	Oliwia Bobińska	str. 148
PM02	Martyna Imińska	str. 149
PM03	Gabriela Bartecka	str. 150
PM04	Natalia Plucińska	str. 151
PM05	Maria Grapow	str. 152
PM06	Krzysztof Muszyński	str. 153
PM07	Zuzanna Garstka	str. 154
PM08	Gniewomir Lewandowski	str. 155
PM09	Szymon Danielski	str. 156

S05 – Dydaktyka Chemii

PM01	Ewelina Pawlik	str. 158
PM02	Oliwia Bobińska	str. 159
PM03	Julia Niewiadomska	str. 160
PM04	Karolina Papuga	str. 161
PM05	Monika Kusiak	str. 162
PM06	Patrycja Brożyna	str. 163


INDEKS

Abolonkina Anastasiia	S02-PM20	124
Adrian Olszewski	S01-PD10	30
Alamdari Sima Alvani	S02-PD14	53
Artkop Weronika	S02-PM10	114
Baldys Weronika	K05	17
Baranowska Gabriela	S02-PM11	115
Bartecka Gabriela	S04-PM03	150
Bartłomiej Hurny	S01-PD08	28
Bobińska Oliwia	S04-PM01	148
Bobińska Oliwia	S05-PM02	159
Boczar Krzysztof Jan	S02-PM07	111
Bojanowska Nina	S03-PD 14	72
Brożyna Patrycja	S05-PM06	163
Bujanowski Przemysław	S03-PM11	146
Cegielska Julia	S01-PD15	35
Czapnik Patryk	S04-PD03	81
Czarnecka Klaudia	S01-PM07	92
Danielski Szymon	S04-PM09	156
Dendek Daria Marcelina	S03-PD16	74
Drzazga Aleksandra	S03-PM10	145
Dzemidovich Maryia-Mazhena	S01-PD06	26
Dzwonnik Zuzanna	S03-PM04	139
Fornał Ewelina	S02-PD18	57
Garstka Zuzanna	S04-PM07	154
Gaweł Marta	S01-PD07	27
Gierczak Natalia	S01-PD18	38
Głowińska Julia	S02-PM02	106
Główczyńska Małgorzata	S03-PD06	64
Góralczyk Marta	S02-PM09	113
Górecki Kacper	S02-PD07	46
Górra Emilia	S02-PM16	120
Grapow Maria	S04-PM05	152
Grzeszczak Aleksandra	S01-PM01	86
Guldzińska Wiktoria	S02-PM15	119
Gutkowska Aleksandra	S02-PM22	126
Guz Julia	S03-PM07	142
Imińska Martyna	S04-PM02	149
Jakim Eryk	S02-PM24	128
Jaroniek Patrycja	S02-PD01	40
Jeżyna Klaudia	S01-PM11	96
Kalathiparambil Emmanuel Merin Rose	S03-PD03	61
Kałuźiak Adrianna	S01-PM10	95
Kmiecik Łukasz	S01-PM02	87
Kobalczyk Aleksandra	S01-PM18	103
Kocięba Aleksandra	S02-PM23	127
Kocur Natalia	S03-PM06	141
Koperska Magda	S03-PM05	140
Kornatowska Zofia	S03-PD12	70
Koszela Kinga	S02-PD10	49

Kowalczyk Wiktoria	S03-PM08	143
Krakowiak Dawid	S01-PD16	36
Krencjasz Marta	S03-PD13	71
Kręgiel Filip	S01-PM17	102
Kryszczak Damian	S01-PD14	34
Książkiewicz-Końucka Olga	S04-PD01	79
Kubacka Paulina	S01-PM05	90
Kucharek Aleksander	S01-PD11	31
Kucharska Katarzyna	S03-PD19	77
Kucybała Katarzyna	S02-PD12	51
Kumari Neelam	S01-PD12	32
Kurczak Mikołaj	S01-PM15	100
Kurczewska Małgorzata	S02-PM28	132
Kusiak Monika	S02-PM06	110
Kusiak Monika	S05-PM05	162
Laroui Abdelatif	S01-PD01	21
Latańska-Wulw Dorota	S03-PD10	68
Lewandowski Gniewomir	S04-PM08	155
Lisowski Dawid	S03-PD18	76
Łukanowska Oliwia	S02-PM14	118
Machura Gabriela	S01-PD04	24
Madalińska Katarzyna	S02-PM12	116
Merouani Salim-Ramy	S03-PD04	62
Miara Patrycja	S02-PD16	55
Milczarska Zofia	S02-PD06	45
Miszta Julia	S02-PM29	133
Muszyński Krzysztof	S04-PM06	153
Niewiadomska Julia	S05-PM03	160
Ogień Klaudia	S02-PM19	123
Olszewska Barbara	S02-PM05	109
Orszański Łukasz	S01-PD13	33
Ostrycharz Magdalena	S04-PD04	82
Papuga Karolina	S03-PM01	136
Papuga Karolina	S05-PM04	161
Pawełczyk Aleksandra	S01-PM16	101
Pawlik Ewelina	S05-PM01	158
Pędzik Martyna	S03-PD08	66
Pęśko Mateusz	S03-PD11	69
Plisiecka Angelika	S01-PM12	97
Plucińska Natalia	S04-PM04	151
Płodzik Martyna	S01-PM03	88
Podlaska Aleksandra	S02-PD08	47
Pomorska Klaudia	S01-PM14	99
Prażanowska Weronika	S02-PM25	129
Purtak Julia	S01-PM13	98
Rajkowska Katarzyna	K03	15
Raju Silla George	K04	16
Raju Silla George	S03-PD05	63
Rewerska Oliwia	S02-PM03	107
Różycka Aleksandra	S02-PM26	130
Rubiak Dominika	S02-PD15	54
Rułka Kamila	S03-PD17	75
Rutkowski Jan	S03-PD07	65

Rzepkowska Gabriela	S02-PM27	131
Schab Patrycja	S01-PD17	37
Sencerek Stanisław	S02-PM30	134
Seroka Jagoda	S03-PD02	60
Shakeel Nasir	S03-PD01	59
Skrobek Maja	S02-PM04	108
Sobczak Kinga	S02-PM18	122
Socha Julia	S01-PM08	93
Splawski Adam	S02-PM13	117
Starkiewicz Jonasz Tadeusz	S02-PD13	52
Staruch Maja	S03-PM03	138
Stępińska Justyna	S01-PM09	94
Szreter Patryk	S03-PM09	144
Szymańska Julia	S02-PD02	41
Szyborski Dawid	S02-PD17	56
Śleszyńska Julia	S02-PD05	44
Ślubowski Jakub	S01-PM04	89
Świdorski Michał	S01-PD03	23
Świątczak Eliza	S02-PD04	43
Tomczyńska Natalia	S01-PM06	91
Tylkowska Klaudia	S02-PM21	125
Urszula Sodomir	S01-PD09	29
Warcholiński Adrian	S02-PD03	42
Wilgocki Maciej	S02-PD11	50
Wilińska Joanna	S03-PD15	73
Wlazlak Marcin	S04-PD02	80
Wnuk Ilona	S02-PM01	105
Wolna Weronika	S02-PM08	112
Wołoszyn Szymon	S03-PM02	137
Wyderkiewicz Wiktor	S03-PD09	67
Wypych Monika	K01	13
Wypych Monika	S01-PD05	25
Ye Han	S04-PD05	83
Zafarani Hamed	S01-PD02	22
Zdziarska Weronika	S02-PM17	121
Zielińska Katarzyna	K06	18
Zygała-Pytlos Daria	K02	14
Żółtobrocki Mateusz	S02-PD09	48

Odkrywaj. Inspiruj. Twórz przyszłość.

 **WYDAWNICTWO
UNIwersYTETU
ŁÓDZKIEGO**



Partnerzy

 **CHEMLAB**
PASJA TWORZENIA

 **TRIMEN
CHEMICALS**

IKA

Delia
COSMETICS



Sekcja Młodych
Polskiego Towarzystwa Chemicznego



Patronat medialny

**MŁODZI
w ŁÓDZI**

 **SZKOŁA DOKTORSKA
NAUK ŚCISŁYCH
I PRZYRODNICZYCH**
Uniwersytet Łódzki

 **SZKOŁA DOKTORSKA
BioMedChem**
Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutów
Polskiej Akademii Nauk w Łodzi