



Politechnika Łódzka



Wydział Chemiczny

**Wydział Chemiczny
Politechniki Łódzkiej**

**IV Ogólnopolska Studencka Konferencja Naukowa
„ALE! – CHEMIA”
Książka abstraktów**



Łódź, 2 czerwca 2026 r.

IV Ogólnopolska Studencka Konferencja Naukowa „ALE! – CHEMIA”

Redakcja merytoryczna

IV Ogólnopolskiej Studenckiej Konferencji Naukowej „ALE! – Chemia”

dr hab. inż. Elżbieta Kuśmierk

dr hab. Ewa Chrześcijańska

Niniejsza publikacja powstała na podstawie materiałów nadesłanych
przez uczestników IV Ogólnopolskiej Studenckiej Konferencji Naukowej
„ALE! – CHEMIA”
w ramach V Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ

Wydawnictwo PŁ i Redaktorki materiałów konferencyjnych
nie ponoszą odpowiedzialności za treść publikowanych streszczeń

© Copyright by Politechnika Łódzka, Łódź 2026

ISBN: 978-83-68780-01-7

DOI:10.34658/9788368780017

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
93-005 Łódź, ul. Wólczańska 223
tel. 42-631-20-87; 42-631-29-52
www.wydawnictwo.p.lodz.pl

V Dzień Otwarty Wydziału Chemicznego

W dniu 2 czerwca 2026 odbędzie się V Dzień Otwarty Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. W ramach V Dnia Otwartego będzie miała miejsce **IV Ogólnopolska Studencka Konferencja Naukowa „ALE!-CHEMIA”**, podczas której studenci i doktoranci zaprezentują swoje osiągnięcia naukowe.

Konferencja „ALE! - Chemia” to wyjątkowa przestrzeń do wymiany myśli naukowej i zaprezentowania swoich osiągnięć szerszej publiczności. Wydarzenie podzielone jest na dwie główne sesje, skierowane do studentów różnych stopni.

W sesji posterowej mogą wziąć udział studenci I i II stopnia studiów chemicznych, którzy realizowali badania w ramach wolontariatów, projektów kół naukowych czy prac dyplomowych. Prace mogą mieć charakter indywidualny lub zbiorowy i obejmować m.in.: analitykę chemiczną, chemię i nanotechnologię, technologię i inżynierię chemiczną, inżynierię materiałową, ochronę środowiska.

Studenci III stopnia studiów (doktoranci) przygotowują 10-minutowe komunikaty ustne. Jest to doskonała okazja do zaprezentowania zaawansowanych badań przed ekspertami.

Na autorów najlepszych posterów oraz komunikatów ustnych czekają atrakcyjne nagrody ufundowane przez Dziekana Wydziału Chemicznego PŁ oraz sponsorów wydarzenia.

**Regulamin konkursu posterowego IV Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej
„ALE! - Chemia”
w ramach V Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ**

1. Niniejszy regulamin, zwany dalej „Regulaminem”, określa warunki konkursu posterowego IV Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej „ALE! - Chemia”, realizowanego w ramach V Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ, zwanego w dalszej części Regulaminu „Konkuresem”.
2. Organizatorem konkursu jest Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej.
3. Do Konkursu zgłaszać można postery przygotowane przez osoby pełnoletnie posiadające status studenta Politechniki Łódzkiej, w tym studenta studiów I i II stopnia (dalej jako studenci), które przedstawiają oryginalne wyniki badań studentów, np.: wolontariatów naukowych studentów (WNS), staży i praktyk w instytucjach spoza uczelni, prac realizowanych w ramach działalności Studenckich Kół Naukowych (SKN), prac dyplomowych, itp., w ramach których badane były procesy chemiczne, fizykochemiczne i biochemiczne, a także wykonywane były badania technologiczne i inżynierskie związane z procesami chemicznymi.
4. Prace do Konkursu na najlepszy poster zgłaszają autorzy prac w porozumieniu z opiekunami naukowymi.
5. Przez poster rozumie się graficzne opracowanie wyników oryginalnych badań naukowych autora (grupy autorów), przygotowane w kolorze i wydrukowane w pionie na arkuszu formatu A1. Za treść prezentowanych wyników badań odpowiada zgłaszający poster (główny autor w grupie autorów).
6. Zgłoszenia prac konkursowych można dokonać w dniach od 05.05.2026 do 24.05.2026 r. poprzez wypełnienie formularza rejestracyjnego, udostępnionego na stronie internetowej Wydziału Chemicznego PŁ pod adresem: www.chemia.p.lodz.pl
7. Udział w konkursie jest nieodpłatny, Organizator nie zwraca ewentualnych kosztów, które mógłby ponieść Uczestnik w związku z udziałem w Konkursie.
8. Prawa do uczestnictwa w Konkursie, jak i praw i obowiązków z nim związanych, w tym także prawa do żądania wydania nagrody, nie można przenosić na inne osoby i podmioty.
9. Jury Konkursu powołuje Dziekan we współpracy Prodziekanami Wydziału Chemicznego PŁ spośród pracowników naukowych Wydziału Chemicznego PŁ.
10. Najlepsze prace konkursowe zostaną wyłonione w drodze głosowania w dniu 02.06.2026 r., przez Jury konkursu i nagrodzone Nagrodą Główną Dziekana Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Dodatkowo, Jury może rekomendować wyróżnienie wybranych prac konkursowych dodatkowymi nagrodami przez sponsorów przemysłowych.
11. Fundatorem nagród jest Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej. Jednorazowa wartość nagrody nie przekroczy kwoty 2000 zł.

12. Zwycięzcy Konkursu na najlepszy poster zostaną powiadomieni o wygranych na gali podsumowującej V Dzień Otwarty Wydziału Chemicznego PŁ w dniu 02.06.2026 r., na której nastąpi również uroczyste wręczenie nagród. Przedstawiciele przemysłu wręczą również w tym dniu nagrody wyróżnionym autorom komunikatów ustnych.
13. Organizator zastrzega sobie prawo do zmian Regulaminu, w tym terminów zgłoszenia prac. Zmiany Regulaminu będą ogłaszane na stronie internetowej: www.chemia.p.lodz.pl
14. Organizator zastrzega sobie prawo do odstąpienia od organizacji Konkursu bez podania przyczyny.
15. Kwestie sporne związane z interpretacją Regulaminu lub kwestie w nim nieuregulowane rozstrzyga Organizator. Decyzje Organizatora są ostateczne.
16. Każde naruszenie Regulaminu Konkursu uniemożliwia Uczestnikowi dalszy udział w niniejszym Konkursie. Decyzję w tej sprawie podejmuje Organizator.
17. Podanie nieprawdziwych bądź błędnych danych osobowych stanowi naruszenie Regulaminu.
18. Uczestnik ponosi pełną i wyłączną odpowiedzialność w przypadku, gdy jego zgłoszenie udziału w Konkursie będzie naruszało prawa osób trzecich lub powszechnie obowiązujące przepisy prawa.
19. Organizator nie ponosi odpowiedzialności za rzetelność i prawdziwość danych Uczestników Konkursu, w tym za brak możliwości przekazania nagród z przyczyn leżących po stronie Uczestnika.
20. Organizator oświadcza, że nie prowadzi kontroli ani monitoringu treści umieszczanych przez Uczestników w zakresie rzetelności i prawdziwości, z zastrzeżeniem działań związanych z usunięciem naruszeń Regulaminu lub przepisów powszechnie obowiązujących.
21. Organizator nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek zakłócenia w działaniu łącz teleinformatycznych, serwerów, interfejsów, przeglądarek.
22. Organizator informuje Uczestników, że Administratorem ich danych osobowych zawartych w kwestionariuszu zgłoszeniowym jest Politechnika Łódzka z siedzibą w Łodzi, przy ul. Żeromskiego 116.

W sprawach ochrony danych osobowych można się skontaktować z wyznaczonym przez Administratora inspektorem ochrony danych pod adresem iod@adm.p.lodz.pl, telefon 42 631-20-39.

Dane osobowe uczestników konkursu w zakresie podanym w formularzu zgłoszeniowym przetwarzane są na podstawie art. 6 ust. 1 lit. a Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), zwanego dalej "RODO";

Dane osobowe uczestników Konkursu będących osobami fizycznymi będą przetwarzane na podstawie art. 6 ust. 1 lit. B Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), w związku z dążeniem do zawarcia i realizacji umowy, za którą uważa się regulamin konkursu, w celu przyznawania i wypłacania nagród w Konkursie;

Dane osobowe osób reprezentujących organ organizujący konkurs będą przetwarzane na podstawie obowiązku prawnego, o którym mowa w art. 6 ust. 1 lit. C rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), wynikającego z przepisów prawa określających umocowanie do reprezentowania. Podanie tych danych jest warunkiem ważności podejmowanych czynności;

Dane osobowe uczestników konkursu mogą być udostępnione podmiotom uprawnionym do ich otrzymania na podstawie przepisów prawa oraz podmiotom świadczącym obsługę administracyjno-organizacyjną konkursu;

Dane osobowe zwycięzców i wyróżnionych mogą zostać upubliczniane w zakresie imienia, nazwiska, w szczególności: na stronie internetowej Politechniki Łódzkiej oraz Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej.

Dane osobowe uczestników konkursu będą przechowywane nie dłużej, niż to wynika z obowiązujących przepisów w zakresie archiwizowania dokumentów;

Dane osobowe uczestników konkursu nie będą przetwarzane w sposób zautomatyzowany, w celu podjęcia decyzji w sprawie indywidualnej.

Uczestnikom konkursu przysługuje dostęp do swoich danych osobowych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia przetwarzania, przenoszenia danych i cofnięcia zgody w dowolnym momencie bez wpływu na zgodność z prawem przetwarzania, którego dokonano na podstawie zgody przed jej cofnięciem (w zakresie danych, na przetwarzanie których była wyrażona); wniesienia skargi do organu nadzorczego, którym jest Prezes Urzędu Ochrony Danych Osobowych (szczegóły na stronie internetowej <https://uodo.gov.pl>).

Podanie danych osobowych jest dobrowolne, ale niezbędne do wzięcia udziału w Konkursie.

Dziekan Wydziału Chemicznego
Politechniki Łódzkiej

**Regulamin konkursu *komunikatów ustnych* IV Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej
„ALE! - Chemia”
w ramach V Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ**

1. Niniejszy regulamin, zwany dalej „Regulaminem”, określa warunki konkursu komunikatów ustnych IV Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej „ALE! - Chemia”, realizowanego w ramach V Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ, zwanego w dalszej części Regulaminu „Konkuresem”.
2. Organizatorem konkursu jest Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej.
3. Do Konkursu zgłaszać można **komunikaty ustne** przygotowane przez osoby pełnoletnie posiadające status doktoranta Politechniki Łódzkiej (dalej jako doktoranci), które przedstawiają oryginalne wyniki badań doktorantów, w ramach których badane były procesy chemiczne, fizykochemiczne i biochemiczne, a także wykonywane były badania technologiczne i inżynierskie związane z procesami chemicznymi.
4. Prace do Konkursu zgłaszają doktoranci w porozumieniu z opiekunami naukowymi/promotorami.
5. Przez komunikat ustny rozumie się przygotowane w programie do prezentacji audiowizualnej opracowanie wyników oryginalnych badań naukowych autora (grupy autorów), przedstawione w formie 10-minutowego wystąpienia ustnego na Konferencji. Za treść prezentowanych wyników badań odpowiada prezentujący doktorant.
6. Zgłoszenia prac konkursowych należy dokonać w dniach od 05.05.2026 r. do 24.05.2026 r. poprzez wypełnienie formularza rejestracyjnego, udostępnionego na stronie internetowej Wydziału Chemicznego PŁ pod adresem: www.chemia.p.lodz.pl
7. Udział w konkursie jest nieodpłatny, Organizator nie zwraca ewentualnych kosztów, które mógłby ponieść Uczestnik w związku z udziałem w Konkursie.
8. Prawa do uczestnictwa w Konkursie, jak i praw i obowiązków z nim związanych, w tym także prawa do żądania wydania nagrody, nie można przenosić na inne osoby i podmioty.
9. Jury Konkursu powołuje Dziekan wraz z Prodziekanami Wydziału Chemicznego PŁ spośród pracowników naukowych Wydziału Chemicznego PŁ.
10. Najlepszy komunikat ustny zostanie wyłoniony w drodze tajnego głosowania w dniu 02.06.2026 r., przez Jury i nagrodzony Nagrodą Główną Dziekana Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Dodatkowo, Jury może rekomendować wyróżnienie wybranych prac konkursowych dodatkowymi nagrodami przez sponsorów przemysłowych.
11. Fundatorem nagrody jest Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej. Jednorazowa wartość nagrody nie przekroczy kwoty 2000 zł.

12. Zwycięzca Konkursu zostanie powiadomiony o wygranej na gali podsumowującej V Dzień Otwarty Wydziału Chemicznego PŁ w dniu 02.06.2026 r., na której nastąpi również uroczyste wręczenie nagrody. Przedstawiciele przemysłu wręczą również w tym dniu nagrody wyróżnionym autorom komunikatów ustnych.
13. Organizator zastrzega sobie prawo do zmian Regulaminu, w tym terminów zgłoszenia prac. Zmiany Regulaminu będą ogłaszane na stronie internetowej: www.chemia.p.lodz.pl
14. Organizator zastrzega sobie prawo do odstąpienia od organizacji Konkursu bez podania przyczyny.
15. Kwestie sporne związane z interpretacją Regulaminu lub kwestie w nim nieuregulowane rozstrzyga Organizator. Decyzje Organizatora są ostateczne.
16. Każde naruszenie Regulaminu Konkursu uniemożliwia Uczestnikowi dalszy udział w niniejszym Konkursie. Decyzję w tej sprawie podejmuje Organizator.
17. Podanie nieprawdziwych bądź błędnych danych osobowych stanowi naruszenie Regulaminu.
18. Uczestnik ponosi pełną i wyłączną odpowiedzialność w przypadku, gdy jego zgłoszenie udziału w Konkursie będzie naruszało prawa osób trzecich lub powszechnie obowiązujące przepisy prawa.
19. Organizator nie ponosi odpowiedzialności za rzetelność i prawdziwość danych Uczestników Konkursu, w tym za brak możliwości przekazania nagród z przyczyn leżących po stronie Uczestnika.
20. Organizator oświadcza, że nie prowadzi kontroli ani monitoringu treści umieszczanych przez Uczestników w zakresie rzetelności i prawdziwości, z zastrzeżeniem działań związanych z usunięciem naruszeń Regulaminu lub przepisów powszechnie obowiązujących.
21. Organizator nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek zakłócenia w działaniu łącz teleinformatycznych, serwerów, interfejsów, przeglądarek.
22. Organizator informuje Uczestników, że Administratorem ich danych osobowych zawartych w kwestionariuszu zgłoszeniowym jest Politechnika Łódzka z siedzibą w Łodzi, przy ul. Żeromskiego 116.

W sprawach ochrony danych osobowych można się skontaktować z wyznaczonym przez Administratora inspektorem ochrony danych pod adresem iod@adm.p.lodz.pl, telefon 42 631-20-39.

Dane osobowe uczestników konkursu w zakresie podanym w formularzu zgłoszeniowym przetwarzane są na podstawie art. 6 ust. 1 lit. a Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), zwanego dalej "RODO";

Dane osobowe uczestników Konkursu będących osobami fizycznymi będą przetwarzane na podstawie art. 6 ust. 1 lit. B Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), w związku z dążeniem do zawarcia i realizacji umowy, za którą uważa się regulamin konkursu, w celu przyznawania i wypłacania nagród w Konkursie;

Dane osobowe osób reprezentujących organ organizujący konkurs będą przetwarzane na podstawie obowiązku prawnego, o którym mowa w art. 6 ust. 1 lit. C rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), wynikającego z przepisów prawa określających umocowanie do reprezentowania. Podanie tych danych jest warunkiem ważności podejmowanych czynności;

Dane osobowe uczestników konkursu mogą być udostępnione podmiotom uprawnionym do ich otrzymania na podstawie przepisów prawa oraz podmiotom świadczącym obsługę administracyjno-organizacyjną konkursu;

Dane osobowe zwycięzców i wyróżnionych mogą zostać upubliczniane w zakresie imienia, nazwiska, w szczególności: na stronie internetowej Politechniki Łódzkiej oraz Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej i w mediach społecznościowych.

Dane osobowe uczestników konkursu będą przechowywane nie dłużej, niż to wynika z obowiązujących przepisów w zakresie archiwizowania dokumentów;

Dane osobowe uczestników konkursu nie będą przetwarzane w sposób zautomatyzowany, w celu podjęcia decyzji w sprawie indywidualnej.

Uczestnikom konkursu przysługuje dostęp do swoich danych osobowych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia przetwarzania, przenoszenia danych i cofnięcia zgody w dowolnym momencie bez wpływu na zgodność z prawem przetwarzania, którego dokonano na podstawie zgody przed jej cofnięciem (w zakresie danych, na przetwarzanie których była wyrażona); wniesienia skargi do organu nadzorczego, którym jest Prezes Urzędu Ochrony Danych Osobowych (szczegóły na stronie internetowej <https://uodo.gov.pl>).




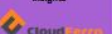


















Podanie danych osobowych jest dobrowolne, ale niezbędne do wzięcia udziału w Konkursie.

Dziekan Wydziału Chemicznego
Politechniki Łódzkiej

HARMONOGRAM V DNIA OTWARTEGO WYDZIAŁU CHEMICZNEGO

(miejsce – Alchemium, budynek A34, ul. Żeromskiego 114)



HARMONOGRAM		V DZIEŃ OTWARTY WYDZIAŁU CHEMICZNEGO PL		02.06.2026		 			
Godzina	Wykładowca / Temat	Sala wykładowa CA3 (III piętro)	Sala wykładowa CA4 (III piętro)	Sala konferencyjne C1/C2 (I piętro)	Sala komputerowe CPK 5 i CPK 6 (IV piętro)	Sala posiedzeń senatu PL (parter)	Parter	I piętro	Foyer (II piętro)
9.00 – 9.30	Uroczyste otwarcie								
9.30 – 10.00	Wykład „Od Alchemii do nanotechnologii” SKW Neno								
10.00 – 10.15	PRZERWA								
10.15 – 10.45	Strefa ucznia „Jasne vs mroczne natura białek” dr hab. inż. J. Frączyk, prof. Pt	Wiąz. Sken. Druk: Jak SMK3D kształtuje przyszłość w 3 wymiarach 	AI-Driven Earth Observation from raw data to Environmental Insights 	Strefa studenta C1 Warsztaty Magia mieszania – zobacz, co naprawdę robi różnicę! 	Strefa studenta Warsztaty komputerowe CPKG Praktyczne użycie narzędzi i danych przestrzennych w 				
10.45 – 11.15	„Twoja przygoda z Wydziałem Chemicznym PL” dr hab. inż. Izabela Witwińska, prof. uczelni	Wykład firmy 	Wyprawia stawiane przez rynek chemii budowlanej. Od fazy koncepcyjnej do wdrożenia produktu. 	C1 Warsztaty Magia mieszania – zobacz, co naprawdę robi różnicę! 					
11.15 – 11.45	„Przychodzi archeolog do chemika - o współpracy naukowców w odległym świecie dawnego życia” dr inż. Angelina Rosiek		Poczuj chemię do transformatora - czyli jak chemia i inżynieria materiałowa napędzają przyszłość energetyki 	C1 Warsztaty Magia mieszania – zobacz, co naprawdę robi różnicę! 					
11.45 – 12.00	PRZERWA								
12.00 – 12.30	„Nieznane oblicze tienu” dr hab. inż. Adam Sikora	Zrównoważone barwienie poliestru: minimalizacja emisji mikroplastiki 	Prezentacja firmy Pentagon Trade One sp. z o.o. 	C2 „Czy to się nadaje do recyklingu? – projektowanie opakowań przyszłości” 	CPKG – Szkolenie Praktyczne użycie narzędzi i danych przestrzennych w 				
12.30 – 13.00	Prezentacja oferty kształcenia Politechniki Łódzkiej Aleksandra Fawik (Dział Promocji PŁ)	Dlaczego produkcja kabli światłowodowych NIE jest trywialna 	Skalowanie produkcji chemicznej – największe wyzwania między laboratorium a fabryką 	Poznajemy technologie skanu 3D 					
13.00 – 13.30	„Dlaczego trawa jest zielona?” – świat światłem malowany” dr inż. Gabriela Włosz-Sałaga	DIGIS i przestrzenne dane otwarte (OSM) w firmie 	Wykład firmy 						
13.30 – 14.00	„Jak zaprogramować gumę na MARSJA” dr inż. Rafał Anyżka	Wykłady firm 	Chemia między nami a otoczeniem 						
14.00 – 14.15	PRZERWA								
14.15 – 15.00	PODSUMOWANIE								

SPONSORZY NAGRÓD



CORNING



HITACHI



Komisja oceniająca postery

dr inż. Łukasz Janczewski – przewodniczący Komisji

dr hab. Ewa Chrześcijańska, prof. uczelni

dr hab. inż. Krzysztof Hałagan, prof. uczelni

dr hab. inż. Elżbieta Kuśmierk, prof. uczelni

dr inż. Bożena Rokita

dr hab. inż. Anna Strąkowska, prof. uczelni

Komisja oceniająca komunikaty ustne

prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht

prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński

dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. uczelni

prof. dr hab. inż. Anna Masek

**STRESZCZENIA POSTERÓW
STUDENTÓW**

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

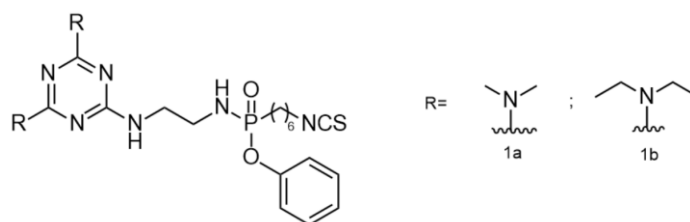
Anastasiia Abolonkina

Opiekun: dr inż. Łukasz Janczewski

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

1,3,5-Triazyny należą do grupy związków heterocyklicznych¹ wykazujących szerokie spektrum aktywności biologicznej, w tym właściwości przeciwnowotworowe, przeciwbakteryjne oraz przeciwwirusowe².

Drugą grupą związków o istotnym znaczeniu biologicznym są izotiocyjaniany (ITCs), naturalnie występujące w warzywach kapustowatych, takich jak brokuły, kapusta czy brukselka³. Związki te wykazują właściwości przeciwnowotworowe poprzez indukowanie apoptozy, hamowanie proliferacji komórek nowotworowych czy wpływanie na szlaki sygnałowe odpowiedzialne za rozwój nowotworów.



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

Bibliografia:

1. Singla, P., Luxami, V., & Paul, K. Triazine as a promising scaffold for its versatile biological behavior. *Eur. J. Med. Chem.* **2015**, 102, 39–57.
2. B. Rathod, S. Pawar, S. Puri, A. Diwan, K. Kumar, Recent Advancements and Developments in the Biological Importance of 1,3,5-Triazines. *ChemistrySelect.* **2024**, 9, e202303655.
3. Janczewski, Ł. Sulforaphane and Its Bifunctional Analogs: Synthesis and Biological Activity. *Molecules.* **2022**, 27(5), 1750.

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

Weronika Artkop

Opiekun: prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht

Opiekun pomocniczy: dr Beata Łukasik

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ,
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 skupiałam 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] On the Edge of the Known: Extremely Electron-Rich (Di)Carboranyl Phosphines, *Jan Schulz, Reike Clauss, Aleksandr Kazimir, Sieglinde Holzknicht, and Evamarie Hey-Hawkins, Angew. Chem. Int. Ed.* 2023, 62

[2] Asymmetric Organocatalytic Addition of Malononitrile to Trifluoromethyl Arylketimines: A Viable Entry to Chiral α -CF₃ Quaternary Aminoesters, *Milena Ivkovic, Francesca Franco, Sergio Rossi, Sara Ferrario, Alessandra Puglisi and Maurizio Benaglia, Molecules.* 2025 Dec 31;31(1):141.

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

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.

ZMIANY W METABOLIZMIE ZWIĄZANE Z DIETĄ KETOGENICZNĄ U DZIECI CIERPIĄCYCH NA PADACZKĘ LEKOOPORNĄ

Marta Cieślak

Opiekun: prof. dr hab. inż. Joanna Kałużna – Czaplińska
*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Padaczka lekooporna u dzieci stanowi istotne wyzwanie terapeutyczne, a dieta ketogeniczna (KD) jest jedną z najskuteczniejszych metod nefarmakologicznych ograniczających częstość napadów.

Celem badań była charakterystyka profilu metabolomicznego osocza dzieci z padaczką lekooporną oraz ocena wpływu KD na procesy metaboliczne. Badaniem objęto 18 pacjentów, w tym 9 stosujących KD. Analizy wykonano metodą GC–MS, a dane opracowano z użyciem PCA, PLS-DA i testu t-Studenta. Wykazano wyraźne różnice metaboliczne między grupami. Najistotniejszym metabolitem różnicującym było β -hydroksymaślan (BHB), którego podwyższone stężenie odzwierciedlało nasilenie ketogenezy. Stwierdzono również zmiany w metabolizmie aminokwasów rozgałęzionych oraz tryptofanu, wskazujące na udział szlaków serotoninowego i kynureninowego. Wyniki potwierdzają, że KD indukuje charakterystyczne zmiany metaboliczne związane z mechanizmem przeciwdrgawkowym.

Artykuły związane z posterem:

1. Idzikowska, K., Gątarek, P., Gajda, A., Safiński, P., Przysło, L., & Kałużna-Czaplińska, J. (2025). The Ketogenic Diet Through a Metabolomic Lens: Biochemical Pathways, Therapeutic Applications, and Analytical Challenges. *Nutrients*, 17(18), 2969. <https://doi.org/10.3390/nu17182969>
2. Cieślak, M., Gątarek, P., Safiński, P., Przysło, L., & Kałużna-Czaplińska, J. Metabolomic profiling of plasma in children with drug-resistant epilepsy: the effect of the ketogenic diet on energy and amino acid pathways – in press

**NISKOTEMPERATUROWA WULKANIZACJA SIARKOWA
KAUCZUKÓW DIENOWYCH Z DODATKIEM NANONAPEŁNIACZY
I WŁAŚCIWOŚCI WYTWORZONYCH NANOKOMPOZYTÓW
ELASTOMEROWYCH**

Adam Dobosz

Opiekun: dr inż. Jakub Wręczycki
*Wydział Chemiczny, Instytut Polimerów i Barwników PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

W ostatnich latach, w obliczu rosnących kosztów energii elektrycznej i presji na zwiększenie efektywności energetycznej procesów przemysłowych, większe znaczenie zyskują metody umożliwiające redukcję jej zużycia w energochłonnym przemyśle gumowym. Jednym z kierunków optymalizacji energetycznej jest obniżenie temperatury procesu wulkanizacji kauczuków, tradycyjnie prowadzonego w temperaturach co najmniej 160°C. W pracy przedstawiono próbę rozwinięcia niskotemperaturowego systemu wulkanizacyjnego dla kauczuków dienowych, opierającego się na dodatku soli fluorkowych, w których anion fluorkowy (F⁻) pełni funkcję nukleofilowego aktywatora siarki elementarnej, umożliwiając inicjację reakcji sieciowania w niższych temperaturach. Rozwinięcie polegało na dodatku do mieszanek elastomerowych napełniaczy o wymiarach nanometrycznych: sadzy oraz krzemionki w ilości 60 cz. wag/100 cz. wag kauczuku, mając na celu poprawę parametrów wytrzymałościowych i nadanie technicznego znaczenia wytworzonym elastomerowym materiałom nanokompozytowym. W ramach przeprowadzonych badań analizie poddano kinetykę procesu wulkanizacji, gęstość i strukturę sieci przestrzennej oraz właściwości mechaniczne w warunkach statycznych i dynamicznych wytworzonych nanokompozytów elastomerowych. Wyniki pozwalają ocenić efektywność niskotemperaturowego systemu wulkanizującego w wysokonapełnionych układach elastomerowych.

ANALIZA ŚLADÓW BIAŁKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM NATURALNYCH POLIPEPTYDÓW W TECHNIKACH SPEKTROMETRII MAS I FTIR

Zuzanna Dzwonnik

Opiekun: dr hab. Mirosława Prochoń

Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników PŁ

ul. Prof. Bohdana Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź

Rozwój materiałów polimerowych stanowi jedno z kluczowych zagadnień współczesnej inżynierii materiałowej. Powszechne wykorzystanie polimerów syntetycznych wiąże się z narastającym problemem zagospodarowania odpadów. Z tego względu coraz większe znaczenie przypisuje się materiałom pochodzenia naturalnego, które mogą stanowić alternatywne źródło surowców do produkcji biomateriałów. Szczególny potencjał wykazują białka pochodzenia odzwierzęcego, pozyskiwane między innymi z odpadów poubojowych, takich jak skóry zwierzęce. Ich wykorzystanie 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. 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. Oceniono ich morfologię powierzchni za pomocą obrazowania mikroskopem optycznym. Próbki zostały poddane analizie krzywej miareczkowania białek oraz punktu izoelektrycznego. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność zastosowanych metod analitycznych w badaniach śladów białkowych prowadzonych w obszarze chemii kryminalistycznej.

CYKLICZNY RNA TYPU BONE JAKO CZYNNIK STABILIZUJĄCY STRUKTURĘ *SPINKI* – NATURALNEGO MOTYWU W CZĄSTECZKACH RNA

inż. Marta Falkowska

Opiekun: dr hab. inż. Grażyna Leszczyńska, prof. uczelni

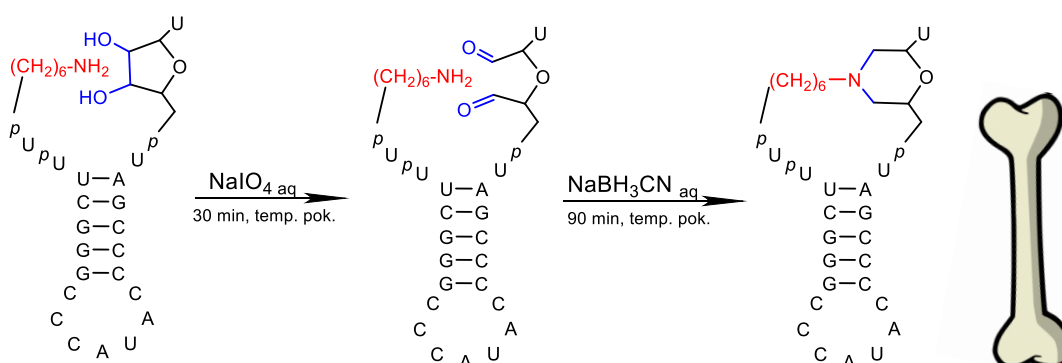
Opiekun pomocniczy: dr inż. Karolina Podskoczyj

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Strukturalny motyw *spinki* (ang. hairpin) jest szeroko rozpowszechniony w cząsteczkach RNA, zaś jej syntetyczne odpowiedniki stanowią użyteczny model do badań strukturalnych i biochemicznych [1]. Dzięki częściowej komplementarności, *spinka* może przechodzić w dupleks i współistnieć z nim w równowadze. Obecność obu form utrudnia interpretację widm NMR, dlatego stosuje się metody, które stabilizują strukturę *spinki* [2].

Jedną z metod stabilizacji *spinki* jest jej cyklizacja, polegająca na chemicznym połączeniu końców 3' i 5' oligomeru [2]. W niniejszej pracy przeprowadzono badania nad cyklizacją *spinki* o sekwencji ramienia antykodonu ludzkiego mitochondrialnego tRNA^{Met}, wykazującej zwiększoną skłonność do tworzenia struktur dupleksowych. Badania obejmowały: (1) syntezę oraz identyfikację 21-nukleotydowego oligomeru zawierającego aminoalkilowy linker przyłączony do końca 5', oraz (2) cyklizację oligomeru z wolną grupą aminową w 2-etapowym procesie (metoda *one-pot* [3]) utlenienia 2',3'-diolu terminalnej urydyny przy użyciu NaIO₄, a następnie aminowania redukcyjnego przejściowo powstającej iminy za pomocą NaBH₃CN.



Badania zostały sfinansowane w ramach programu FU²N – Fundusz Udoskonalania

Umiejętności Młodych Naukowców, grant nr W-3D/FU²N/4/2026/G.

[1] Bevilacqua P.C., Blose J.M. *Annu. Rev. Phys. Chem.* **2008**, *59*, 79.

[2] Kiliszek A., Błaszczuk L., Kierzek R., Rypniewski W. *Nucleic Acids Res.* **2017**, *45*, e92

[3] Wasinska-Kalwa M., Mamot A., Czubak K. *et al.*, *Nat Commun.* **2025**, *16*, 6455.

MIKROPLASTIK, TARCZYCA I NOWOTWÓR – CO I JAK JE ŁĄCZY

inż. Marta Góralczyk

Opiekun: dr inż. Joanna Lewandowska
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Współczesne badania naukowe coraz częściej zwracają uwagę na mikroplastik, szczególnie w kontekście jego wszechobecności w środowisku naturalnym[1]. Jego kumulacja w narządach oraz potencjalny wpływ na procesy biologiczne i onkogenezę wciąż stanowi obszar wymagający badań[2].

Do realizacji badań wykorzystano metodę 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). Zastosowanie obrazowania MALDI-IMS na fragmentach tkanek pozyskanych z Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi umożliwiło lokalizację śladów mikroplastiku w strukturze tkankowej, zarówno ze zmianami nowotworowymi jak i bez nich.

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

Literatura:

[1] Saha, U., et al. (2024). Detrimental consequences of micropolymers associated plasticizers on endocrinal disruption. *Materials Today Bio*, 27, 101139. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101139>

[2] Dzierżyński, E., et al. (2025). Post-mortem evidence of microplastic bioaccumulation in human organs: Insights from advanced imaging and spectroscopic analysis. *Archives of Toxicology*, 99, 4051–4066. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04092-2>

**OPTYMALIZACJA PROTOKOŁÓW SYNTEZY W PEŁNI
BLOKOWANEGO MONOMERU
5-KARBOKSYMETYLOAMINOMETYLO-2-TIOURYDINY
PRZYDATNEGO DO SYNTEZY OLIGRYBONUKLEOTYDÓW
METODĄ AMIDOFOSFORYNOWĄ**

Emilia Górra

Opiekun: dr inż. Agnieszka Dziergowska
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
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-tiourydiny (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 we współpracy z prof. P. Dedonem (<https://dedon.mit.edu/>).

PRZYPRAWIONE RYZYKIEM: O METALACH CIĘŻKICH W PRODUKTACH Z INDII

Julia Grabska

Opiekun: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk, prof. dr hab. inż. Małgorzata I. Szyrkowska-Jóźwik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Przyprawy stanowią istotny element globalnego rynku żywności, a Indie pozostają ich największym producentem, odpowiadając za około 70% światowej produkcji oraz uprawę ponad 60 spośród 109 sklasyfikowanych przypraw. Roczna produkcja przypraw w Indiach przekracza 11 mln ton. Złożony proces produkcji i dystrybucji sprawia jednak, że produkty te są szczególnie narażone na zanieczyszczenia i zafałszowania. Szczególne obawy budzi obecność potencjalnie toksycznych pierwiastków, takich jak Pb, Cd i As, które mogą przedostawać się do przypraw z gleby, nawozów, wody, procesów technologicznych lub materiałów opakowaniowych. W przeglądzie z 2024 roku wykazano liczne przypadki przekroczeń dopuszczalnych poziomów Pb i Cd, a najwyższe ryzyko zdrowotne wiązano z przewlekłym narażeniem na ołów [1]. W innym badaniu potwierdzono, że 40% próbek cynamonu przekraczało dopuszczalne poziomy Pb, natomiast dla Cd przekroczenia dotyczyły większości analizowanych próbek [2]. Dodatkowo analiza 183 surowców roślinnych z rynku indyjskiego dowiodła, że odsetek próbek niespełniających wymagań dla metali ciężkich sięgał nawet 72,13% [3]. Problemem pozostaje również duża zmienność składu mieszanek przyprawowych oraz ograniczona możliwość weryfikacji ich pochodzenia, co wskazuje na potrzebę stosowania metod umożliwiających ocenę autentyczności przypraw.

Celem pracy była ocena bezpieczeństwa spożycia przypraw pochodzących z Indii oraz rynku europejskiego, a także analiza zależności między składem pierwiastkowym a rodzajem przyprawy, jej pochodzeniem oraz częścią rośliny wykorzystywaną do produkcji. Oznaczenia stężeń wybranych pierwiastków wykonano technikami ICP-OES, GFAAS oraz CVAAS. Zastosowanie analizy PCA umożliwiło różnicowanie próbek oraz identyfikację potencjalnych zafałszowań, szczególnie w przypadku mieszanek przyprawowych. Stwierdzone przekroczenia dopuszczalnych poziomów dotyczyły głównie Mn, Cd, Fe oraz Zn, natomiast największą zmienność stężeń obserwowano w zależności od rodzaju przyprawy i jej pochodzenia.

[1] Alawadhi N. i współ. (2024) Environ. Pollut. 362, 1–13.

[2] Almeer S., Alshamrani A., Alnasser M. i współ. (2025) Food Chem. Toxicol. 195, 115970.

[3] He H. i współ. (2022) South Afr. J. Bot. 151, 1187–1195.

**SPEKTROSKOPOWE BADANIA KINETYCZNE WPLYWU
TEMPERATURY I SKŁADU JONOWEGO NA KONWERSJĘ JONÓW
CHLORKOWYCH DO FORM RODNIKOWYCH
W NAPROMIENIOWANYCH WODNYCH ROZTWORACH
KWASU SOLNEGO**

Maria Grapow

Opiekun: prof. dr hab. inż. Dorota Światła - Wójcik
*Wydział Chemiczny, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej PŁ
ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź*

Radioliza wody, zachodząca w środowisku wodnym, prowadzi do powstawania wysoce reaktywnych rodników (m.in. rodnika hydroksylogowego ($\cdot\text{OH}$)), 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^\cdot i Cl_2^\cdot). Rodniki te uczestniczą w wielu procesach środowiskowych, technologicznych i biologicznych, dlatego istotne jest poznanie kinetyki ich tworzenia.

Celem pracy było zbadanie wpływu temperatury oraz składu jonowego roztworu na kinetykę konwersji $\cdot\text{OH}$ do Cl_2^\cdot 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 Cl_2^\cdot 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.

CZY ROZMAZ KOSMETYKU MOŻE UJAWNIC JEGO POCHODZENIE? NIENISZCZĄCA ANALIZA PORÓWNAWCZA Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK SEM-EDS I LIBS

Zofia Grzelak

Opiekun: dr inż. A. Pawlaczyk, dr inż. A. Zimon, prof. dr hab. inż. M.I. Szyrkowska-Jóźwik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

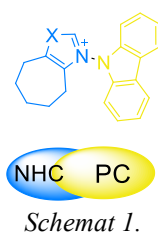
Kosmetyki kolorowe należą do grupy mikrośladów często spotykanych w badaniach kryminalistycznych ze względu na ich powszechne stosowanie oraz łatwość transferu pomiędzy powierzchniami. Ślady kosmetyków mogą być przenoszone na odzież, papier, szkło czy skórę, dostarczając informacji istotnych z punktu widzenia rekonstrukcji zdarzeń oraz porównywania materiału dowodowego. Szczególnym wyzwaniem pozostaje różnicowanie produktów o bardzo zbliżonym kolorze i właściwościach użytkowych, które mimo podobieństwa wizualnego mogą wykazywać różnice w składzie pierwiastkowym, rodzaju pigmentów oraz strukturze powierzchni. Dotychczasowe badania z wykorzystaniem technik FTIR i Raman wykazały możliwość dyskryminacji kosmetyków kolorowych pochodzących od różnych producentów. Pomimo wysokiej czułości technik spektroskopowych interpretacja wyników może być utrudniona w przypadku złożonych matryc zawierających mieszaniny pigmentów nieorganicznych, takich jak TiO_2 , Fe_2O_3 czy ZnO , oraz składników organicznych [1]. Dodatkowym ograniczeniem części technik analitycznych jest konieczność przygotowania próbki lub wysoki stopień jej uszkodzenia, co w przypadku śladów kryminalistycznych o niewielkich rozmiarach może ograniczać możliwość dalszych badań. W związku z tym nadal poszukiwane są szybkie i możliwie nieniszczące techniki umożliwiające porównywanie śladów kosmetycznych przy zachowaniu wysokiej mocy dyskryminacji. Celem pracy była ocena przydatności technik SEM-EDS oraz LIBS w analizie porównawczej rozmazów kosmetyków kolorowych (cienie, podkłady i kredki do oczu) oraz określenie wpływu takich parametrów jak marka czy kolor produktu na możliwość różnicowania próbek. Uzyskane dane ilościowe po uprzedniej normalizacji opracowano z zastosowaniem analizy głównych składowych (PCA) oraz testów nieparametrycznych. Wyniki badań potwierdziły, że połączenie technik SEM-EDS i LIBS umożliwia skuteczne różnicowanie kosmetyków zarówno pod względem ich pochodzenia, jak i składu, nawet w przypadku produktów o bardzo zbliżonej barwie.

[1] R. A. Alblooshi, R. H. Alremeithi, A. H. Aljannahi *Vibr. Spectrosc.* (2024) 130, 1-8.

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

Wiktoria Guldzińska

Opiekun: dr inż. Anna Skrzyńska
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź



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 fotoredokсовą 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.

Bibliografia

1. Sukriyo Chakraborty, Soumen Barik, Akkattu T. Biju. *Chem. Soc. Rev.*, 2025, 54, 1102-1124.
2. Kun Liu, Max Schwenger, Armido Studer. *ACS Catal.* 2022, 12, 19, 11984–11999.

OPTIMALIZACJA SYNTEZY POCHODNYCH AMIDOWYCH KWASU FOSFONOWEGO WYWODZĄCYCH SIĘ Z INHIBITORÓW**Rab GGTazy****Aleksandra Gutkowska**

Opiekun: dr Katarzyna Justyna, dr hab. inż. Katarzyna Błażewska
Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ, Zespół Biologii Chemicznej, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Rab GGTaza to enzym dokonujący lipidacji potranslacyjnej białek Rab, ważnych regulatorów transportu pęcherzykowego. Proces ten, a w następstwie połączenie się białka z błoną komórkową, kontroluje aktywność białek Rab, co wpływa na wzrost, różnicowanie oraz przeżywalność komórek. Nieprawidłowa aktywność Rab GGTazy oraz niektórych białek Rab jest powiązana z chorobami neurodegeneracyjnymi, zakaźnymi oraz nowotworowymi. Inhibicja enzymu Rab GGTazy stanowi zatem potencjalną strategię terapeutyczną [1-2]. W toku badań prowadzonych w grupie prof. Błażewskiej zsyntezowano bibliotekę pochodnych fosfonokarboksylianów (PC) z których 6Me-imidazo[1,2- α]pirydynowa pochodna (6-Me-PC) okazała się najskuteczniejszym inhibitorem Rab GGTazy [3]. W poszukiwaniu bardziej efektywnych inhibitorów zsyntezowałam pochodne amidowe zawierające fragment 6-Me-PC oraz handlowo dostępny linker (PEG2, C2). Dla otrzymanych związków wykonałam pełną analizę spektroskopową. W przyszłości planowane jest poszerzanie biblioteki związków o analogi ze zmodyfikowanymi linkerami, a także zbadanie ich aktywności biologicznej.

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, *Identification of the privileged position in the imidazo[1,2-a]pyridine ring of phosphonocarboxylates for development of Rab geranylgeranyl transferase (RGGT) inhibitors*, *J. Med. Chem.* 60 (2017), 8781-8800.

**ZASTOSOWANIE CYJANOHYDRYN (*R*)- ORAZ (*S*)-5'-*O*-*TERT*-
BUTYLODIMETYLOSILILO-5-FORMYLO-2',3'-*O*-
IZOPROPYLIDENOURYDINY DO SYNTEZY NOWYCH
MODYFIKACJI URYDINY.**

Julia Guz

Opiekun: dr inż. Tomasz Bartosik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Celem badań było otrzymanie cyjanohydrzyn (*R*)- oraz (*S*)-5'-*O*-*tert*-butyloдимetylosililo-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*-butyloдимetylosililu (TBDMS-Cl) w obecności imidazolu [1]. Otrzymaną 5'-*O*-*tert*-butyloдимetylosililo-5-formylo-2',3'-*O*-izopropylidenourydynę poddano reakcji z cyjankiem trimetylosililowym w obecności katalizatora. Uzyskano mieszaninę diastereoizomerów (*R*)- oraz (*S*)-cyjanohydrzyn 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).

Literatura

[1] Bartosik, T., Dziergowska, A., Kowalski, B., Leszczyńska, G., (2025). First organocatalytic, diastereoselective synthesis of tRNA wobble nucleosides: (*R*)- and (*S*)-methoxycarbonylhydroxymethyluridines (*mchm*⁵Us) and their acid analogues (*chm*⁵Us). *RSC*, 15, 26943–26949

OPRACOWANIE SYNTEZY (R)- ORAZ (S)-5-KARBAMOILOHYDROKSYMETYLOURYDINY (NCHM⁵U)

Eryk Jakim

Promotor: dr inż. Tomasz Bartosik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organiczej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 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*-butyloдимetylosililowej. 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.

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

Klaudia Jeżyna

Opiekun: dr inż. Paulina Gątarek
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Endometrioza stanowi istotny problem zdrowotny, ze względu na wysoką częstość występowania oraz trudności diagnostyczne. 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 odpowiedniego doboru warunków chromatograficznych.

Celem pracy była optymalizacja metody HPLC-DAD do oznaczania aminokwasów w osoczu z uwzględnieniem problemów związanych z uzyskaniem efektywnej separacji analitów. W trakcie badań modyfikowano wybrane parametry chromatograficzne i poddano ocenie ich wpływ na efektywność separacji i jakość uzyskiwanych chromatogramów. Badania pozwoliły dobrać 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 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”

ZASTOSOWANIE BIPOCHODNYCH DODATKÓW W PROJEKTOWANIU ZRÓWNOWAŻONYCH KOMPOZYTÓW POLIETYLENOWYCH NA BAZIE SUROWCÓW WTÓRNYCH

Kalina Kaczmarek

Opiekun: dr hab. Inż. Marcin Maślowski, prof. uczelni

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników,
ul. Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź*

Rosnące znaczenie zrównoważonego projektowania materiałów zwiększyło zainteresowanie dodatkami pochodzenia naturalnego. W badaniu oceniono wpływ alkoholu cetylowego, tymolu, lanoliny i lecytyny na właściwości regranulowanego polietylenu niskiej gęstości (RLDPE) napełnionego biowęglem. Biowęgiel zwiększył sztywność, twardość i odporność na uderzenia, lecz obniżył plastyczność i płynność stopu. Naturalne dodatki częściowo zniwelowały te efekty, poprawiając przetwórstwo bez istotnego pogorszenia właściwości mechanicznych. Alkohol cetylowy najbardziej zwiększył krystaliczność oraz wytrzymałość i moduł zginania. Lanolina wykazała najsilniejsze działanie plastyfikujące, zmniejszając lepkość stopu i poprawiając plastyczność. Lecytyna zwiększyła energię powierzchniową, wskazując na wzrost polarności materiału. Wyniki potwierdzają, że naturalne związki mogą pełnić funkcję ekologicznych dodatków przetwórczych w kompozytach z recyklingowanego polietylenu i biowęgla.

WPLYW MIKROWŁÓKIEN NA DEGRADACJĘ IMIDAKLOPRYDU W PROCESIE PS/UV

Adrianna Kałuziak

Opiekun: prof. dr hab. inż. Marta Gmurek, dr inż. Aleksandra Kędzińska - Sar
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Rosnące zanieczyszczenie środowiska wodnego imidakloprydem (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 imidakloprydu zachodzi na drodze bezpośredniej fotolizy oraz w reakcjach z generowanymi rodnikami siarczanowymi i hydroksyłowymi. 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 finansowana w ramach projektu „FU²N – Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej – grant nr 503/9-9-4-4

ROLA CHITOZANU W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH WYROBÓW WŁÓKIENNICZYCH

Julia Kietlińska¹

Opiekun: dr hab. Anna Marzec², prof. uczelni

¹ *Wydział Włókiennictwa i Wzornictwa, PŁ, ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź*

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

W ostatnich latach rośnie zainteresowanie tekstyliami o właściwościach antybakteryjnych, co wynika z dbałości o higienę i ochrony przed mikroorganizmami. Tradycyjne metody wykończenia ustępują miejsca rozwiązaniom ekologicznym, wpisującym się w trendy zrównoważonego rozwoju. Surowcem o dużym potencjale aplikacyjnym jest chitozan, pozwalający na tworzenie powłok ochronnych przed patogenami.

Celem niniejszego badania było opracowanie innowacyjnych, biodegradowalnych powłok chitozanowych o działaniu biostatycznym i ognioodpornym. Zaproponowana modyfikacja podnosi higienę i bezpieczeństwo użytkowania materiałów, znajdując zastosowanie w odzieży medycznej, sportowej i ochronnej.

Powłoki nanoszono na tkaniny bawełniane metodą zanurzeniową, a następnie sieciowano. Właściwości funkcjonalne, strukturę chemiczną oraz morfologię powierzchni powstałych materiałów zweryfikowano za pomocą wybranych technik charakteryzacji (badania antybakteryjności, mikrokalorymetria, testy biodegradacji).

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu E2TOP

BIOINSPIROWANE FUNKCJONALNE TKANINY BAWELNIANE O DZIAŁANIU ANTYBAKTERYJNYM

Katarzyna Kirchof

Opiekun: dr hab. Anna Marzec, prof. uczelni

Politechnika Łódzka Wydział Chemiczny Instytut Technologii Polimerów i Barwników (I-33) 90-537 Łódź ul. Stefanowskiego 16. NIP 727-002-18-95

Obecnie tekstylia stanowią integralną część codziennego życia i są szeroko wykorzystywane w odzieży, produktach gospodarstwa domowego oraz wyposażeniu specjalistycznym. Rzadko jednak wspomina się o tym, że bezpośredni kontakt ze skórą człowieka stwarza na powierzchni materiałów sprzyjające warunki do rozwoju bakterii. Celem niniejszej pracy było otrzymanie oraz scharakteryzowanie funkcjonalnych tkanin bawełnianych modyfikowanych poprzez silanizację i barwienie naturalnymi barwnikami (lawsonem, alizaryną i kwercytną) wykazującymi właściwości pH-czułe oraz antybakteryjne. Modyfikację powierzchni przeprowadzono z wykorzystaniem silanów zawierających różną liczbę grup aminowych. Otrzymane tekstylia poddano ocenie trwałości barwy po ekspozycji na wybrane rozpuszczalniki organiczne oraz środowiska o skrajnych wartościach pH, wykorzystując analizę kolorymetryczną w przestrzeni barw CIE-Lab. Dodatkowo zbadano zwilżalność powierzchni metodą pomiaru kąta zwilżania oraz oceniono aktywność bakteriostatyczną wobec szczepów *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger* i *Candida albicans*. Uzyskane wyniki wykazały wyraźną odpowiedź barwną próbek w środowisku kwaśnym oraz zróżnicowaną odporność barwy w zależności od zastosowanego rozpuszczalnika. Niektóre z otrzymanych modyfikacji wykazały również istotną aktywność bakteriostatyczną, szczególnie wobec bakterii Gram-dodatnich. Otrzymane rezultaty potwierdzają możliwość projektowania wielofunkcyjnych, bioinspirowanych tekstyliów o potencjalnym zastosowaniu jako materiałów pH-sensywnych oraz antybakteryjnych.

SUPLEMENTY DIETY POD LUPĄ – ANALIZA PIERWIASTKOWA PREPARATÓW WSPIERAJĄCYCH GOSPODARKE HORMONALNĄ Kobiet

Aleksandra Kobalczyk

Opiekun: dr inż. Elżbieta Maćkiewicz

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

Współczesny styl życia – pełen stresu, przetworzonej żywności oraz toksyn środowiskowych może nasilać problemy hormonalne u kobiet, które wywołują szereg uciążliwych objawów zaburzających płodność. Prawidłowe funkcjonowanie gospodarki hormonalnej kobiet zależy od wielu czynników, w tym m.in. od odpowiedniej podaży składników mineralnych niezbędnych do przebiegu kluczowych procesów metabolicznych. Szczególną rolę odgrywają pierwiastki takie jak magnez, cynk, miedź, chrom oraz selen, które uczestniczą w regulacji procesów hormonalnych na różnych poziomach. Magnez wspiera działanie układu nerwowego oraz ogranicza negatywny wpływ stresu, natomiast cynk i miedź biorą udział w syntezie i przemianach hormonów płciowych. Chrom wpływa na regulację gospodarki glukozowo-insulinowej, co pośrednio oddziałuje na stabilność hormonalną organizmu. Selen jest kolejnym niezbędnym mikroelementem pełniącym ważną funkcję m.in. w regulacji pracy tarczycy i wspierającym płodność.

Celem pracy magisterskiej była analiza składu pierwiastkowego wybranych suplementów diety wspierających gospodarkę hormonalną kobiet oraz ocena zgodności rzeczywistego składu. W ramach pracy zebrano 20 próbek suplementów diety, po cztery z każdego rodzaju (zawierające Cr, Cu, Mg, Se i Zn). Próbkę przygotowano mineralizując je w układzie zamkniętym z udziałem stężonych kwasów oraz mikrofal (UltraWave, Milestone), a następnie 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.

Literatura:

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

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

PROJEKTOWANIE I SYNTEZA KONIUGATÓW FRAGMENTÓW CZYNNIKÓW WZROSTU ZE ZWIĄZKAMI O AKTYWNOŚCI PRZECIWNOWOTWOROWEJ

Aleksandra Kocięba

Opiekun: 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.

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 wykorzystyłam 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.

ZASTOSOWANIE SPEKTROSKOPII NMR W BADANIACH ZANIECZYSZCZEŃ KRZYŻOWYCH LEKÓW

Natalia Kocur

Promotor: dr inż. Barbara Pacholczyk-Sienicka
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Badania zanieczyszczeń krzyżowych stanowią istotny aspekt kontroli jakości szczególnie w przemyśle farmaceutycznym.

Celem niniejszej pracy była ocena skuteczności spektroskopii NMR w identyfikacji oraz analizie zanieczyszczeń krzyżowych, które są skutkiem nieumyślnego przenoszenia substancji z jednego produktu na drugi. Na początku sporządzono krzywe kalibracyjne dla dwóch zanieczyszczeń analizowanych leków z użyciem deuterowanej wody z wzorcem wewnętrznym TSP. Metodę poddano optymalizacji, podczas której m. in. wyznaczono czasy relaksacji związków (T_1), kalibrowano impuls (90°) oraz dobierano liczbę skanów (ns). Uzyskane wyniki wykazywały dużą dokładność, precyzję i wysoką liniowością ($R^2 = 1$), a granica oznaczalności w obu przypadkach wyniosła 0,002 mg/0,5 mL. Wykonanie eksperymentów jednowymiarowych ^1H NMR dostarczonych próbek, pozwoliło wykluczyć występowanie zanieczyszczeń krzyżowych w czterech na pięć otrzymanych serii próbek.

Wyniki wskazują, że spektroskopia NMR skutecznie uzupełnia klasyczne metody analityczne w monitorowaniu czystości procesów oraz walidacji procedur czyszczenia.

CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI TPO W GOŚ W ŁODZI ORAZ ZASTOSOWANIE NARZĘDZI INFORMATYCZNYCH DO OPRACOWANIA I WIZUALIZACJI WYNIKÓW JEJ PRACY

Antoni Koliński

Opiekun: dr inż. Andrzej Żarczyński

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

Celem pracy była charakterystyka technologiczna oraz ocena skuteczności funkcjonowania Instalacji Termicznego Przekształcania Osadów (ITPO), zlokalizowanej w Dziale Oczyszczalni Ścieków (dawniej GOŚ w Łodzi), obecnie część Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi Sp. z o.o. (ZWiK w Łodzi).

W pierwszej kolejności przedstawiono charakterystykę techniczną i technologiczną Działu Oczyszczalni Ścieków. Ukazano skalę powstawania osadów ściekowych oraz produkcji z nich biogazu, a następnie ich spalania w latach 2023-2025. Wnikliwie scharakteryzowano od strony technicznej Instalację ITPO, która podsusza osady ściekowe, a następnie spala je w fazie fluidalnej, przy czym zapewnia oczyszczanie gazów odlotowych, separację popiołów oraz przygotowanie ich do wysyłki. Zastosowano narzędzia informatyczne do opracowania wyników funkcjonowania ITPO oraz ich wizualizacji w latach 2023-2025, a także poddano ocenie skuteczność pracy tej instalacji.

W pracy inżynierskiej wykonanej w semestrze zimowym roku akademickiego 2025-2026 wykorzystano dane technologiczne Działu Oczyszczalni Ścieków ZWiK w Łodzi, uzyskane za zgodą Zarządu w/w Spółki.

**OPTYMALIZACJA WARUNKÓW SYNTEZY W PEŁNI
BLOKOWANEGO AMIDOFOSFORNYU
(R)-5-METOKSYKARBONYLOHYDROKSYMETYLOURYDYNY**

Magda Koperska

Opiekun: dr inż. Tomasz Bartosik

*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
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*-butyloдимetylosililowym (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 cyjanohydrin (R)- oraz (S)-5'-O-*tert*-butyloдимetylosililo-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 silylowania i fosfitylacji w celu otrzymania docelowego amidofosforynu (R)-mchm⁵U.

Literatura:

[1] T. Bartosik, A. Dziergowska, B. Kowalski, G. Leszczyńska, RSC Adv. 33 (2025), 26943–26949

JAK DOSTARCZYĆ PEPTYD BPC-157 PRZEZ SKÓRĘ?

Julita Kostka

Opiekun: prof. dr hab. inż. Beata Kolesińska
*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej
ul. Żeromskiego 116, 90-543 Łódź*

Peptyd BPC-157 (Gly-Glu-Pro-Pro-Pro-Gly-Lys-Pro-Ala-Asp-Asp-Ala-Gly-Leu-Val) wykazuje właściwości cytoprotekcyjne i regeneracyjne oraz stabilność w warunkach kwasowych¹. Jednocześnie peptydy charakteryzują się ograniczoną zdolnością przenikania przez błony biologiczne, szczególnie przez warstwę rogową naskórka, stanowiącą główną barierę dla transportu substancji hydrofilowych i cząsteczek o dużej masie molowej². Celem pracy było opracowanie strategii przezskórnego dostarczania BPC-157 z wykorzystaniem dwóch podejść: lipidacji kwasem palmitynowym oraz enkapsulacji w transferosomach. Lipidacja zwiększa lipofilowość peptydu i jego powinowactwo do błon biologicznych, natomiast transferosomy ułatwiają transport przez barierę skórną i chronią peptyd przed degradacją^{3,4}. BPC-157 otrzymano metodą syntezy peptydów na fazie stałej (SPPS). Strukturę zmodyfikowanego peptydu potwierdzono metodą LC-MS, a właściwości fizykochemiczne transferosomów analizowano techniką DLS oraz pomiarami potencjału zeta.

1. M. Józwiak, et al., *Pharmaceuticals*, 2025, 18(2), 185.
2. J. Bhavsar, et al., *Therapeutic Delivery*, 2025, 16(1), 63-86.
3. R. Menacho-Melgar, et al., *Journal of Controlled Release*, 2019, 295, 1-12.
4. M. Ashtikar, et al., *Journal of Controlled Release*, 2016, 242, 126-140.

**ROLA NANOCZĄSTEK DITLENKU KRZEMU W POBIERANIU
SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH PRZEZ GROCH
(*LATHYRUS OLERACEUS* LAM.)**

Krystian Koziński

Opiekun: dr hab. inż. Elżbieta Skiba

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

Nanocząstki ditlenku krzemu stanowią potencjalne narzędzie poprawy efektywności produkcji rolnej oraz łagodzenia stresu roślin w obliczu globalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa żywnościowego. W pracy zbadano wpływ nanocząstek SiO₂ na pobieranie i transport miedzi, manganu, żelaza i cynku przez groch cukrowy (*Lathyrus oleraceus* Lam.), uprawiany hydroponicznie w kontrolowanych warunkach. Aplikowano SiO₂ NPs w stężeniach 10 mg Si/l i 200 mg Si/l, ZnO NPs w dawce 200 mg Zn/l oraz mieszaninę 200 mg Si/l + 200 mg Zn/l. Zawartość pierwiastków oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją w płomieniu (F-AAS) w próbkach rozłożonych w układzie zamkniętym wspomaganym działaniem mikrofal. Analiza wariancji wykazała, że stosowane pojedynczo SiO₂ NPs obniżały zawartość Cu, Fe i Zn w pędach, a ich dodatek do wariantu z ZnO NPs (200 mg Zn/l) wywołał wzrost zawartości Fe i Mn oraz spadek Zn w częściach nadziemnych. Zastosowanie SiO₂ NPs istotnie zwiększyło poziom chlorofilu oraz złagodziło negatywny wpływ ZnO NPs na zawartość pigmentu. Dawka 10 mg Si/l jest potencjalnie najkorzystniejsza dla zrównoważonej praktyki rolniczej.

NANOCZĄSTKI TLENKU KRZEMU JAKO POTENCJALNY SKŁADNIK INTELIGENTNYCH NANONAWOZÓW

Filip Kręgiel

Opiekun: dr hab. inż. Elżbieta Skiba, dr inż. Monika Pietrzak
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
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 ‘Hówiecki’ oraz wyniki z pomiarów chlorofilu, świeżej i suchej masy oraz zawartości metali niezbędnych do prawidłowego procesu fotosyntezy: Cu, Fe, Mn i Zn.

Odnośniki:

[1] Pan W., Zhang H.-J., Zhang Y.-F., Wang M., Tsui M. T.-K., Yang L., Miao A.-J., 2023, Silica nanoparticle accumulation in plants: current state and future perspectives, *Nanoscale*, 15, 15079

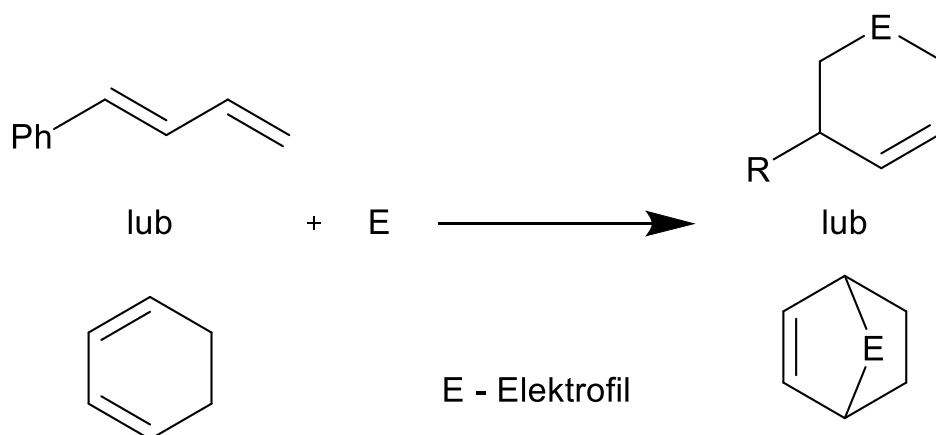
[2] Bhat J. A., Rajora N., Raturi G., Sharma S., Dhiman P., Sanand S., Shivaraj S. M., Sonah H., Deskmukh R., 2021, Silicon nanoparticles (SiNPs) in sustainable agriculture: major emphasis on the practicality, efficacy and concerns, *Nanoscale Advances*, 3, 4019

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.

ORGANOKATALIZA I ZWIĄZKI KOMPLEKSOWE PALLADU(0) W ROLI ZASAD LEWISA W PODWÓJNEJ KOOPERATYWNEJ KATALIZIE

inż. Patryk Krzewiak

Opiekun: dr inż. Artur Przydacz
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź



Związki kompleksowe palladu(0) stanowią atrakcyjne narzędzie w funkcjonalizacji dienów, ze względu na zdolność aktywacji HOMO układów sprzężonych wiązań wielokrotnych węgiel-węgiel w łagodnych warunkach. Ponadto bogate biblioteki ligandów fosfinowych pozwalają na elastyczną modyfikację właściwości elektronowych atomu metalu oraz dają możliwość prowadzenia reakcji w sposób stereokontrolowany¹. Mimo to, wykorzystanie metali grup przejściowych jako zasad Lewisa pozostaje nadal stosunkowo słabo rozwinięte w porównaniu do reakcji sprzęgania, czy roli kwasów Lewisa. Równolegle organokataliza stanowi dobrze ugruntowaną strategię aktywacji elektrofilów, umożliwiającą efektywną syntezę związków chiralnych o wysokiej czystości optycznej, w tym poprzez katalizę wykorzystującą wiązania wodorowe i halogenowe. W szczególności katalizatory halogenowe, wykorzystujące oddziaływania typu σ -hole, stanowią ważną alternatywę dla klasycznych systemów donorowych. Celem mojej pracy magisterskiej jest rozwój synergicznego połączenia katalizy z wykorzystaniem związków kompleksowych Pd(0) i organokatalizy w funkcjonalizacji dienów, co może umożliwić jednoczesną kontrolę aktywacji substratu oraz indukcji asymetrii i stanowić obiecującą strategię projektowania nowych reakcji enancjoselektywnych.

¹ Zhi - Chao Chen 2024 Palladium(0) π -Lewis Base Catalysis: Concept and Development J. Am. Chem. Soc., 146, 10, 6422–6437

ENANCJOSELEKTYWNA SYNTEZA ASYMETRYCZNA CHIRALNEJ BENZOINY

Julia Kuk, Antoni Godlewski, Magdalena Moritz, Filip Dobrak

Opiekun: dr hab. Renata Kołodziejaska, prof. UMK, dr Marcin Wróblewski
*Studenckie Koło Naukowe Biochemii i Chemii Bioorganicznej, Katedra Biologii Medycznej i
Biochemii, Wydział Lekarski, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja
Kopernika w Toruniu, Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz*

Pochodne α -hydroksyketonów, czyli acyloiny, stanowią ważną grupę związków wykorzystywanych w asymetrycznej syntezie organicznej oraz w wytwarzaniu farmaceutyków i biologicznie aktywnych pochodnych. Szczególne znaczenie mają benzoiny, cenione jako substraty w syntezie heterocykli, aminoalkoholi i epoksydów.

W pracy przedstawiono asymetryczną syntezę chiralnych benzoin z użyciem enzymatycznej hydrolizy, acetylowania i deracemizacji. Badania obejmowały hydrolizę octanu 2-hydroksy-1,2-difenyloetan-1-onu oraz deracemizację jego formy racemicznej z zastosowaniem preparatu Blossom Protect™ i lipaz jako biokatalizatorów. Najwyższą selektywność hydrolizy uzyskano przy pH 8,0 po 24 h (78% ee), natomiast deracemizacja prowadzona w buforze fosforanowym przy pH 7,5 pozwoliła otrzymać produkt o czystości optycznej 99% ee. Enzymatyczne acetylowanie i hydroliza umożliwiły uzyskanie benzoiny o nadmiarze enancjomerycznym do 99% ee, potwierdzając wysoką skuteczność biokatalitycznych metod syntezy optycznie czynnych α -hydroksyketonów.

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

Opiekun: dr inż. Elżbieta Maćkiewicz

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

Suplementy diety dla sportowców stanowią kluczowy element nowoczesnego wspomaganie zdolności wysiłkowych oraz regeneracji organizmu. Odżywki białkowe dostarczają aminokwasów egzogennych niezbędnych do resyntezy białek mięśniowych i wykazują silny potencjał w regulacji metabolizmu [1]. Kreatyna jest jednym z najskuteczniejszych legalnych anaboliów; zwiększa wewnątrzkomórkowe zapasy fosfokreatyny, co warunkuje szybką regenerację ATP podczas wysiłków o wysokiej intensywności oraz wspomaga utrzymanie siły struktur mięśniowo-szkieletowych [2]. Z kolei cytrulina stymuluje produkcję tlenu azotu, co poprawia przepływ krwi, transport tlenu oraz efektywność usuwania toksycznego amoniaku z pracujących mięśni [3]. W ramach pracy zbadano skład pierwiastkowy wybranych suplementów (białka, kreatyny i cytruliny) przy użyciu technik ICP-OES (emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej) oraz CVAAS (absorpcyjna spektrometria atomowa z generowaniem zimnych par), uwzględniając zawartość niezbędnych minerałów oraz obecność toksycznych pierwiastków, w tym metali ciężkich. Próbkę przygotowano stosując zamknięty układ do mineralizacji na mokro z udziałem mikrofal. Końcowe wyniki opracowano przy użyciu metod statystycznych i chemometrycznych stosując program *Statistica12*.

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

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

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

ANALIZA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA W OPOCZNIE Z UDZIAŁEM STACJI SYNGEOS JAKO SKŁADOWA SYSTEMU MONITORINGU SAMORZĄDOWEGO W WOJEWÓDZTWIE ŁÓDZKIM

**Weronika Łupińska¹, Andrzej Żarczyński¹, Dominika Chybowska²,
Patrycja Kośka², Dorota Dębińska², Agnieszka Gwarda¹**

*¹Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, ul. Żeromskiego 116,
90-924 Łódź, ²Gmina Opoczno - Urząd Miejski w Opocznie, Wydział Ochrony Środowiska,
ul. Staromiejska 6, 26-300 Opoczno*

W okresie pierwszych piętnastu lat XXI wieku pomiary jakości powietrza wykonywane w mieście Opoczno przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, wykazywały w sezonie grzewczym istotne przekroczenia dopuszczalnego poziomu pyłów PM₁₀, PM_{2,5}, tlenku węgla, α -benzopirenu oraz innych zanieczyszczeń, tj. zagrożenie zjawiskiem smogu. W dążeniu do dokładniejszej oceny jakości powietrza - Urząd Miejski w Opocznie zakupił w latach 2019-2024 osiem stacji pomiarowych jakości powietrza tzw. „czujników smogu” firmy „Syngeos” (Katowice). Czujniki te wraz z cyfrowymi tablicami informacyjnymi zostały zamontowane na terenie wybranych instytucji lub obiektów. Stacje Syngeos, zapewniają dokładny pomiar wybranych wskaźników jakości powietrza w Opocznie rejestrując oprócz wybranych parametrów meteorologicznych stężenie pyłu frakcji: PM₁₀, PM_{2,5} oraz PM₁. W ostatnich dwóch latach przekroczenia wskaźników w/w zanieczyszczeń występowały sporadycznie oraz wykazywały niższe wartości niż to miało miejsce przed kilku laty, głównie dzięki eliminacji wielu nieekologicznych źródeł ogrzewania przy udziale, m.in. środków budżetu Gminy Opoczno.

Praca wykonana w ramach naukowego wolontariatu studenckiego w semestrze zimowym roku akademickiego 2025-2026.

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

Katarzyna Madalińska

Opiekun: 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. Rozwiązywaniem 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*-butyldmetylosililową hemiaminalu. Badania wykonano najpierw na łatwiejszej do uzyskania 5-formylourydynie, a następnie na docelowej 5-formylocytydynie. 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

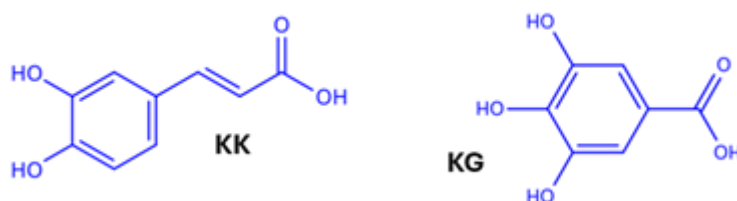
Praca sfinansowana w ramach grantu NCN UMO-2021/43/B/ST4/01570: Synteza i badania strukturalne/biofizyczne modelowych oligomerów mRNA/mt-tRNA w celu określenia roli modyfikowanych nukleozydów (m5C, hm5C, f5C, ca5C, m1G) w translacji i chorobach człowieka

KWAS KAWOWY I GALUSOWY ORAZ ICH WŁAŚCIWOŚCI ANTYUTLENIAJĄCE

Dorota Michłanowicz

Opiekun: dr hab. inż. Elżbieta Kuśmierk, prof. uczelni
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Kwas kawowy (KK) i kwas galusowy (KG) to kwasy fenolowe, które powszechnie występują w produktach pochodzenia roślinnego. KK obecny jest m.in. w ziarnach kawy, aronii czarnej, śliwkach, borówce brusznicy i oliwkach, natomiast KG występuje w kakao, zielonej herbacie, orzechach, miodach, jagodach oraz korze dębu. Kwasy te wykazują różnorodne właściwości terapeutyczne, w tym działanie antyutleniające, przeciwzapalne, przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne oraz przeciwnowotworowe, a także są stosowane jako inhibitory korozji metali i stopów¹. Otrzymuje się je poprzez ekstrakcję rozpuszczalnikową (EtOH, MeOH, aceton lub ich mieszaniny z wodą) z materiału roślinnego. Właściwości antyoksydacyjne KK i KG wynikają z mechanizmów przenoszenia elektronów i/lub protonów, neutralizacji wolnych rodników, chelatowania jonów metali, itd. Aktywność antyutleniająca może być wyznaczana za pomocą metod elektrochemicznych², takich jak woltamperometria cykliczna (CV), fali prostokątnej (SWV) oraz różnicowa pulsowa (DPV).



Rys. 1. Struktura kwasu kawowego i galusowego.

Celem pracy było zbadanie właściwości antyutleniających KK i KG w 0,1 M NaCl, za pomocą metod elektroanalitycznych. Wyraźne różnice we właściwościach antyutleniających wynikają z różnej liczby grup hydroksylowych i ich położenia w cząsteczkach tych kwasów.

Praca była realizowana w ramach wolontariatu naukowego wykonywanego w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ w semestrze letnim 2025/2026.

1. Kucharek, A., Kuśmierk, E. et al., *Molecules*, **2025**, 30, 3648.
2. Cano, D., Gonzales, C.H. et al., *J. Food Compos. Anal.*, **2026**, 153, 109075.

EMISJE ZWIĄZKÓW CHLORU JAKO ŹRÓDŁA POWAŻNYCH AWARII PRZEMYSŁOWYCH W POLSCE

Ada Miłek

Opiekun: dr inż. Andrzej Żarczyński
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Występowanie poważnych awarii przemysłowych - nazywanych zdarzeniami, w przemyśle, magazynowaniu i transporcie chemikaliów zwykle wiąże się z zanieczyszczeniem środowiska naturalnego oraz szkodami w infrastrukturze przemysłowej i/lub w środkach transportu, a często i z ofiarami wśród ludzi. Niniejsza analiza dotyczy wypadkowych uwolnień chloru i jego związków, zaliczanych do materiałów szczególnie niebezpiecznych dla człowieka, środowiska naturalnego i infrastruktury technicznej. Jako przykłady można wskazać: wykolejenie cystern z chlorem w Białymstoku 9 marca 1989 r. - szczęśliwie bez ich rozszczelnienia i emisji chloru w terenie gęsto zurbanizowanym, a także znaczne emisje chloru, chlorowodoru i chlorowanych węglowodorów z procesów syntezy organicznej, zaistniałe zwłaszcza podczas produkcji polichloroku winylu. Stwierdzono, że mimo relatywnie niewielkiej liczby poważnych awarii spowodowanych przez chlor i jego związki na terenie Polski - istnieje zagrożenie ze strony tej grupy chemikaliów dla człowieka i środowiska naturalnego.

Praca wykonana w ramach naukowego wolontariatu studenckiego w semestrze zimowym roku akademickiego 2025-2026.

ZASTOSOWANIE WYBRANEGO OLEJKU ETERYCZNEGO DO NADAWANIA WŁÓKNINOM POLILAKTYDOWYM WŁAŚCIWOŚCI OWADOBÓJCZYCH

Oliwia Modrzecka

Opiekun: prof. dr hab. inż. Dawid Stawski

Wydział Włókiennictwa i Wzornictwa, Instytut Włókiennictwa PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństwa oraz zwiększające się oczekiwania użytkowników dotyczące bezpieczeństwa zdrowotnego produktów codziennego użytku prowadzą do dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na rozwiązania przyjazne środowisku. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w obszarze środków ochrony osobistej, które często opierają się na syntetycznych substancjach chemicznych mogących wywierać negatywny wpływ zarówno na ekosystemy, jak i zdrowie człowieka.

W odpowiedzi na te wyzwania, celem niniejszej pracy magisterskiej jest opracowanie innowacyjnego, przyjaznego środowisku rozwiązania tekstylnego opartego na biodegradowalnych materiałach włókienniczych oraz naturalnych substancjach repelencyjnych pochodzenia roślinnego. Proponowane podejście zakłada połączenie wysokiej skuteczności ochrony przed owadami z minimalnym oddziaływaniem na środowisko, wpisując się w globalne trendy zrównoważonego rozwoju, gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zielonych technologii.

Zmodyfikowane włókniny zostaną zbadane pod względem fizykochemicznym, a następnie określone zostaną potencjalne obszary zastosowania oraz możliwe formy wykonania gotowego, funkcjonalnego wyrobu włókienniczego.

1. Mahmud, M. H., Repon, M. R., Raihan, M. T., Arfi, N., Islam, S., Rahman, M., & Mikucioniene, D. (2025). Progress in mosquito repellent textiles: Factors, methods, and challenges. *Materials Research Express*, 12(12), 122002. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ae238c>
2. Bedini, S., Djebbi, T., Ascrizzi, R., Farina, P., Pieracci, Y., Echeverría, M. C., Flamini, G., Trusendi, F., Ortega, S., Chilibingua, A., & Conti, B. (2024). Repellence and attractiveness: The hormetic effect of aromatic plant essential oils on insect behavior. *Industrial Crops and Products*, 210, 118122. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118122>

Praca wykonana w ramach pracy magisterskiej.

FLUORESCENCJA CHLOROWODORKÓW HYDRAZONÓW W CIELE STAŁYM

Igor Mossur

Opiekun: dr hab. inż. Agata Trzęsowska-Kruszyńska, prof. uczelni
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Organiczne materiały luminoforowe o wysokiej wydajności emisji w ciele stałym są kluczowe w rozwoju nowoczesnej optoelektroniki (m.in. matryc OLED) i sensorów optycznych [1]. W niniejszym komunikacie zbadano nową serię heteroaromatycznych hydrazonów, które jako wolne zasady nie wykazują mierzalnej luminescencji w fazie stałej. Dopiero ich protonowanie do postaci soli chlorowodorkowych indukuje silną emisję, stanowiąc unikalny model do analizy relacji struktura-właściwości.

Celem badań była systematyczna ocena wpływu efektów podstawnikowych oraz upakowania krystalicznego na właściwości fotofizyczne układów. Zaprojektowano i zsyntetyzowano zróżnicowaną bibliotekę związków, wykorzystując wyselekcjonowane aldehydy aromatyczne oraz ich analogi o wydłużonym sprzężeniu π -elektronowym (pochodne cynamonowe).

Korelacja danych fotofizycznych z badaniami rentgenostrukturalnymi dowiodła, że przy stałym czynniku indukującym emisję (protonowanie), parametry optyczne układów są ściśle determinowane przez architekturę sieci krystalicznej. Efekty elektronowe i steryczne wprowadzanych podstawników oraz rozbudowa układu sprzężonego umożliwiają precyzyjne strojenie długości fali i intensywności emisji. Wykazano, iż kluczowym mechanizmem odpowiedzialnym za wzmocnienie fluorescencji jest restrykcja rotacji wewnątrzcząsteczkowych. Rozbudowana sieć wiązań wodorowych oraz specyficzne oddziaływania międzycząsteczkowe w kryształach skutecznie blokują bezpromieniste ścieżki dezaktywacji stanu wzbudzonego, bezpośrednio warunkując ostateczną wydajność kwantową badanych materiałów.

[1] M. K. Bera, P. Pal, S. Malik, Solid-state emissive organic chromophores: design, strategy and building blocks, *Journal of Materials Chemistry C*, 2020, 8, 788–802. DOI: 10.1039/C9TC04239C.

FUNKCJONALNE FOLIE KOMPOZYTOWE O WŁAŚCIWOŚCIACH BIOAKTYWNYCH I WSKAŹNIKOWYCH WZGLĘDEM PH

Małgorzata Mrozik

Opiekun: dr hab. Anna Marzec, prof. uczelni; dr inż. Bolesław Szadkowski
Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników Politechniki Łódzkiej
ul. Prof. Bohdana Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź

Zainteresowanie ekologicznymi materiałami funkcjonalnymi sprzyja rozwojowi kompozytów opartych na surowcach naturalnych i odpadowych. Wskaźniki zmian pH znajdują zastosowanie m.in. w inteligentnych systemach opakowaniowych i biomateriałach. Dzięki właściwościom przeciwdrobnoustrojowym i biodegradowalności chitozan stanowi obiecującą matrycę do tego rodzaju materiałów.

Celem badań było zaprojektowanie i otrzymanie kompozytów o właściwościach przeciwbakteryjnych i wskaźnikowych względem pH. Otrzymano serię folii chitozanowych z dodatkiem sproszkowanych skorupek jaj w postaci niemodyfikowanej oraz funkcjonalizowanej alizaryną lub chinizaryną.

Badane kompozyty wykazały aktywność przeciwbakteryjną wobec *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*. Częściej obserwowano ich wyższą skuteczność wobec *S. aureus*. Najwyższą aktywność wykazał usieciowany chitozan wobec *S. aureus*. Kompozyty wykazały także zdolność zmiany barwy w odpowiedzi na zmiany pH środowiska.

Badania potwierdziły potencjał otrzymanych folii do zastosowań jako funkcjonalne materiały kompozytowe o właściwościach bioaktywnych i wskaźnikowych względem pH.

ANALIZA STRUKTURALNA NOWYCH POCHODNYCH HYDRAZYNY METODĄ SC-XRD ORAZ OCENA ICH AKTYWNOŚCI BIOLOGICZNEJ

Krzysztof Muszyński

Opiekun: dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. uczelni
*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Współczesna medycyna mierzy się z dużym problemem antybiotykoodporności związanej z nadużywaniem antybiotyków. Wobec narastającego problemu współczesna medycyna zmuszona jest do intensywnego poszukiwania nowych substancji o potencjalnym działaniu przeciwbakteryjnym [1]. Obiecującą grupę związków, rozpatrywaną jako potencjalne źródło nowych kandydatów na leki, stanowią pochodne hydrazyny. Obecność grupy hydrazynowej sprzyja łatwej modyfikacji strukturalnej tych związków, co w połączeniu z szerokim spektrum aktywności biologicznej czyni je szczególnie interesującymi obiektami badań [2].

Głównym celem pracy była ocena aktywności fizykochemicznej, toksyczności, a także wybranie nowej pochodnej hydrazyny i określenie jej struktury krystalicznej. Prace obejmowały krystalizację, udokładnienie struktury, dokowanie molekularne oraz analizę właściwości farmakokinetycznych badanych związków. Strukturę wyznaczono metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD).

STEARYNIAN CYNKU JAKO EKOLOGICZNA ALTERNATYWA DLA ZWIĄZKÓW PFAS W HYDROFOBIZACJI TKANIN

inż. Izabela Myjak

Opiekun: dr hab. inż. Marcin Barburski, prof. uczelni
*Wydział Włókiennictwa i Wzornictwa, Instytut Architektury Tekstyliów PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

Hydrofobizacja tekstyliów to jedna z najważniejszych modyfikacji stosowanych w przemyśle włókienniczym. Dotychczas najpowszechniejsza metoda nadania tkaninom właściwości hydrofobowych opierała się na wykorzystaniu związków per- i polifluoroalkilowych (PFAS). W związku z udowodnioną szkodliwością tych substancji dla środowiska naturalnego i organizmów żywych, w Unii Europejskiej wprowadzono regulacje ograniczające możliwość ich stosowania.

Celem badania było wytworzenie oraz ocena efektywności ekologicznej powłoki hydrofobowej na tkaninie bawełniano-poliestrowej.

Przedmiotem badania były tkaniny bawełniano-poliestrowe, o trzech różnych splotach tkackich: płóciennym, skośnym i atlasowym. Próbkę napawano dwustopniowo – najpierw roztworem chitozanu, a następnie roztworem stearynianu cynku. Skuteczność procesu potwierdzono poprzez badanie kąta zwilżania wodą. Wykazano, że struktura tkacka wpływa na właściwości hydrofobowe. Średni kąt zwilżania różnił się pomiędzy próbkami o różnych strukturach tkackich. Najwyższą średnią wartość zanotowano dla splotu skośnego (134°), natomiast najniższą dla płóciennego (124°).

Praca wykonana w ramach projektu “Excellence in Engineering: Talents in Research with Opportunities Programme – E²TOP” Politechniki Łódzkiej

FROM BEAN TO BIOCOMPOSITE: SPENT COFFEE GROUNDS AS A NOVEL FUNCTIONAL FILLER FOR RUBBER

Katsiaryna Nauharodskaya

Opiekun: dr inż. Jakub Wręczycki, prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński

Wydział Chemiczny, Instytut Polimerów i Barwników PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

The growing demand for sustainable materials in the rubber industry drives the search for alternatives to conventional fillers like carbon black and silica. Agro-industrial byproducts, such as spent coffee grounds (SCG), have emerged as low-cost, high-potential candidates for developing eco-friendly composites. This study evaluated how the brewing method affects the reinforcing potential of spent coffee grounds in acrylonitrile-butadiene rubber (NBR). Composites containing untreated espresso and filter grounds were prepared and tested. While both fillers reduced the overall crosslink density, a clear difference in performance was observed. Espresso-based fillers resulted in a lower Payne effect and higher tensile strength and aging resistance than filter-based fillers. This indicates that the espresso process yields a more suitable feedstock for biocomposite development, likely due to better filler-polymer interactions.

BADANIA NAD STABILNOŚCIĄ FRAGMENTÓW AGONISTY RECEPTORA GLP-1 – OZEMPICU

inż. Klaudia Ogień

Opiekun: dr inż. Joanna Lewandowska
*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 metodą 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.

KOMPLEKSY METALI Z NIESTEROIDOWYMI LEKAMI PRZECIWPALNYMI JAKO POTENCJALNE ZWIĄZKI O ROZSZERZONYM PROFILU FARMAKOLOGICZNYM

Patrycja Okońska

Opiekun: dr inż. Karolina Kafarska

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) należą do najczęściej stosowanych substancji o działaniu przeciwbólowym, przeciwzapalnym i przeciwgorączkowym. Wysokie i wciąż rosnące zużycie NLPZ wynika m.in. ze znacznego obciążenia populacji chorobami przewlekłymi [1,2]. Pomimo potwierdzonej skuteczności stosowania NLPZ, ich zażywanie wiąże się z ryzykiem działań niepożądanych. Jednym z obiecujących kierunków badań jest modyfikacja strukturalna NLPZ poprzez ich koordynację z jonami metali. Badania wskazują, że kompleksy metali mogą wykazywać zwiększoną aktywność przeciwnowotworową, przeciwdrobnoustrojową, przeciwzapalną oraz antyoksydacyjną w porównaniu z wolnymi ligandami [3,4].

Celem projektu jest synteza oraz zbadanie nowych kompleksów metali z wybranymi NPLZ. W ramach projektu przeprowadzono syntezę kompleksu Cu(II) z kwasem tolfenamowym (NPLZ) oraz poddano go analizie, wykorzystując techniki spektroskopowe i analityczne [3,4].

Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia zależności między strukturą kompleksów metali a ich właściwościami farmakologicznymi oraz stanowić podstawę do projektowania nowych i bezpieczniejszych pochodnych NLPZ.

Bibliografia:

1. Dell’Isola A, et al. Identifying non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) users among people with osteoarthritis. *Clin Epidemiol.* 2023;15:743–752.
2. Mathieson S, et al. Prevalence of NSAIDs prescribed for osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2024;32(S1):S580.
3. Chohan ZH, et al. Metal-based NSAID complexes: synthesis, characterization and biological properties. *J Enzyme Inhib Med Chem.* 2020;35(1):1234–1248.
4. da Silva JG, et al. Metal complexes of non-steroidal anti-inflammatory drugs: synthesis, characterization and biological activity. *Coord Chem Rev.* 2021;445:214064.

Praca wykonana w ramach Wolontariatu Naukowego Studenta.

ANALIZA JAKOŚCIOWA WORECZKÓW NIKOTYNOWYCH Z WYKORZYSTANIEM CHROMATOGRAFII GAZOWEJ SPRZĘŻONEJ ZE SPEKTROMETRIĄ MAS (GC-MS)

Jakub Owczarek

Opiekun: dr inż. Angelina Rosiak

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

Saszetki nikotynowe to produkt zdobywający coraz większą popularność, gdyż pozwalają na bezpośrednie dostarczanie nikotyny użytkownikowi bez wytwarzania dymu oraz substancji smolistych. Obecne na rynku produkty prezentują szeroką ofertę smakową oraz zawartość nikotyny od 1,5 mg/g do 50 mg/g.

W ramach pracy badaniom poddano 11 opakowań saszetek nikotynowych, wybranych losowo, zakupionych w sklepach na terenie Łodzi. Analizom GC-MS poddano ekstrakty metanolowe saszetek w całości oraz tylko proszku, a także frakcje lotne próbek pobrane z wykorzystaniem mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej. W próbkach oznaczono zawartość nikotyny oraz 217 różnych lotnych związków organicznych. Jedynie w dwóch próbkach zawartość nikotyny była zbliżona do zawartości deklarowanej przez producenta. Analiza chromatograficzna wykazała mentol, D-limonen, aldehyd benzoesowy oraz cytral, jako najczęściej występujące związki organiczne, odpowiedzialne za aromat produktu.

Wobec rosnącej popularności saszetek nikotynowych, należy prowadzić dalsze badania nad zawartością szkodliwych substancji w tego rodzaju produktach.

Praca wykonana w ramach Wolontariatu Naukowego Studenta w Zespole Analitycznych Technik Separacyjnych w semestrze letnim 2025/2026.

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

Aleksandra Pawełczyk

Opiekun: dr inż. Elżbieta Maćkiewicz

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

Suplementy diety wspierające odporność należą obecnie do najczęściej wybieranych preparatów dostępnych na rynku. Szczególną uwagę zwraca się na suplementy zawierające cynk, będący jednym z kluczowych mikroelementów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Odgrywa istotną rolę w utrzymaniu odporności organizmu, a jego niedobór może prowadzić do osłabienia odpowiedzi immunologicznej oraz zwiększonej podatności na infekcje. [1] Rosnąca popularność suplementów diety sprawia jednak, że istotne staje się monitorowanie ich rzeczywistego składu oraz zgodności deklarowanej zawartości składników z informacjami podawanymi przez producentów.

Celem pracy była analiza pierwiastkowa suplementów diety przeznaczonych do wspomagania odporności, zawierających cynk. Zakres pracy obejmował analizę literatury naukowej dotyczącej znaczenia cynku dla organizmu człowieka, a także charakterystyki suplementów diety wspierających odporność i metod stosowanych do oceny ich składu pierwiastkowego. Do badań zgromadzono 28 preparatów handlowych, dostępnych na polskim rynku, w tym 17 suplementów w postaci kapsułek oraz 11 w postaci syropów. Próbkę poddano procesowi mineralizacji z udziałem stężonych kwasów (HNO_3 i HCl), a następnie oznaczono skład pierwiastkowy z wykorzystaniem techniki ICP-OES (emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej). Dodatkowo uzyskane wyniki opracowano z zastosowaniem metod statystycznych i chemometrycznych.

Wykonane badania pozwolą na ocenę jakości wybranych suplementów diety dostępnych na rynku oraz pozwolą zwrócić uwagę na znaczenie kontroli składu pierwiastkowego preparatów stosowanych w celu wspomagania odporności organizmu.

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

ANALIZA PRZYCZYN POŻARU W RAFINERII W CZECHOWICACH-DZIEDZICACH, A WSPÓŁCZESNE METODY DETEKЦИИ I PREWENCJI W PRZEMYŚLE PETROCHEMICZNYM

Paulina Piaszczyk

Opiekun: dr inż. Andrzej Żarczyński

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

Pożar w rafinerii w Czechowicach-Dziedzicach (26.06.1971 r.) był największą do tej pory katastrofą w historii polskiego przemysłu petrochemicznego. Wyładowanie atmosferyczne zainicjowało pożar zbiornika z ropą naftową. Wadliwa infrastruktura oraz ekstremalne promieniowanie cieplne doprowadziły do uszkodzenia sąsiednich zbiorników oraz katastrofalnego wyrzutu płonącej cieczy (zjawiska boilover), a w konsekwencji gwałtownego rozprzestrzenienia się ognia. Akcja gaśnicza trwała blisko tydzień, brało w niej udział 2514 strażaków z Polski i Czechosłowacji. W wyniku katastrofy zginęło 37 osób, a oprócz zniszczeń na terenie rafinerii znaczne straty poniosło również środowisko naturalne. W pracy przeprowadzono analizę fizykochemicznych i technicznych przyczyn wystąpienia tej poważnej awarii przemysłowej. Historyczne przyczyny pożaru zestawiono ze współczesnymi metodami detekcji i prewencji, które pozwalają zminimalizować lub całkowicie wykluczyć ryzyko zaistnienia analogicznej awarii we współczesnym przemyśle naftowym.

Praca wykonana w ramach przedmiotu Projekt specjalizacyjny A, kierunek Chemia, specjalność: Kontrola jakości w chemii, semestr letni roku akademickiego 2025-2026.

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

Angelika Plisiecka

Promotor: dr inż. Tomasz Sierański

Opiekun pomocniczy: dr inż. Marcin Świątkowski

*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.

SPEKTROSKOPOWE BIOMARKERY UZALEŻNIEŃ – ANALIZA BIOMOLEKULARNA WPLYWU PAROKSETYNY NA LUDZKIE KOMÓRKI JELITA GRUBEGO

Natalia Plucińska

Opiekun: dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. uczelni

Opiekun pomocniczy: dr inż. Karolina Beton-Mysur

*Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
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.

CZY SKŁAD POZOSTAŁOŚCI PO SPALENIU MOŻE WSPOMAGAĆ IDENTYFIKACJĘ MATERIAŁÓW PIROTECHNICZNYCH? ANALIZA CZĄSTEK PRZED- I POREAKCYJNYCH W BADANIACH KRYMINALISTYCZNYCH I OCENIE ZAGROŻENIA ŚRODOWISKOWEGO

Klaudia Pomorska

Opiekun: dr inż. A. Pawlaczyk, dr inż. A. Zimon, dr inż. M. Jędrzejczyk
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

Materiały pirotechniczne stanowią grupę materiałów wysokoenergetycznych wykorzystywanych zarówno w sektorze cywilnym, jak i wojskowym. Są to mieszaniny utleniaczy, paliw oraz dodatków modyfikujących przebieg spalania, zdolne do samopodtrzymującej reakcji egzotermicznej prowadzącej do emisji światła, dźwięku lub gazów. Globalny rynek wyrobów pirotechnicznych szacowany jest obecnie na ponad 2,7 mld USD rocznie [1]. Ze względu na szeroką dostępność materiałów pirotechnicznych istotnego znaczenia nabiera analiza zarówno materiałów przed reakcją (ang. *pre-blast*), jak i pozostałości powstałych po spalaniu (ang. *post-blast*). Produkty spalania mogą tworzyć specyficzne cząstki zawierające pozostałości reagentów i produkty reakcji, które mogą osadzać się na powierzchniach znajdujących się w pobliżu miejsca zdarzenia [2]. Celem pracy była charakterystyka wybranych materiałów pirotechnicznych oraz pozostałości po reakcji 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 techniką IR oraz ilościowe oznaczenia poziomów wybranych pierwiastków techniką ICP-OES. Uzyskane wyniki potwierdziły obecność indywidualnych zestawów pierwiastków oraz cech morfologicznych umożliwiających różnicowanie materiałów pod względem producenta. Wykazano również obecność pierwiastków takich jak Ba, Sr, Cu, Al, Pb czy Cr, które mogą stanowić istotną informację wspomagającą identyfikację źródła materiału, a jednocześnie przyczyniać się do podwyższenia lokalnego tła środowiskowego oraz zanieczyszczenia powietrza i powierzchni znajdujących się w pobliżu miejsca spalania.

[1] Zion Market Research. *Fireworks Market* (2025) 1–203.

[2] A.J.R. Bauer. *Analysis of Pyrotechnic Components* (2013) 5–7.

WŁAŚCIWOŚCI TERMODYNAMICZNIE NIEMIESZALNYCH BLEND KAUCZUKU BUTADIENOWEGO I SILIKONOWEGO DO ZASTOSOWAŃ KOSMICZNYCH

Witold Przewozikowski

Opiekun: dr inż. Rafał Anyszka

*Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników PŁ
ul. Prof. Bohdana Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

Kauczuk butadienowy (BR) oraz kauczuk silikonowy (VMQ) są obiecującymi materiałami do zastosowań kosmicznych ze względu na ich niską temperaturę zeszklenia (T_g), zapewniającą elastyczność w szerokim zakresie temperatur występujących w przestrzeni kosmicznej. Kauczuk silikonowy charakteryzuje się wysoką odpornością chemiczną oraz bardzo dobrą elastycznością, natomiast kauczuk butadienowy wykazuje korzystne właściwości mechaniczne i odporność na ścieranie. Połączenie obu elastomerów może umożliwić uzyskanie materiałów o zrównoważonych właściwościach użytkowych. Mieszanki BR/VMQ są jednak układami termodynamicznie niemieszalnymi, co prowadzi do separacji faz oraz ograniczonej kompatybilności pomiędzy składnikami. W pracy przygotowano mieszanki kauczuku butadienowego i silikonowego oraz przeprowadzono analizę ich morfologii, przebiegu wulkanizacji oraz właściwości użytkowych. Do oceny struktury mieszanek wykorzystano mikroskopię optyczną oraz mikroskopię sił atomowych (AFM), która umożliwiła dokładniejszą analizę topografii powierzchni oraz rozmieszczenia faz w skali mikro- i nanometrycznej. Dzięki kinetyce wulkanizacji można było przeanalizować przebieg procesu sieciowania oraz wpływ niemieszalności układu na charakterystykę wulkanizacji. Przeprowadzono również badania właściwości mechanicznych oraz analizę termiczną metodą DSC. Uzyskane wyniki potwierdziły występowanie niejednorodnej morfologii oraz separacji faz charakterystycznej dla układów niemieszalnych. Obserwacje AFM wykazały wyraźne różnice w strukturze powierzchni poszczególnych faz elastomerowych. Zaobserwowano zależność pomiędzy morfologią mieszanek a ich właściwościami mechanicznymi i termicznymi. Wyniki badań pozwalają lepiej zrozumieć relacje struktura–właściwości w mieszkach BR/VMQ oraz stanowią podstawę do dalszej optymalizacji materiałów przeznaczonych do zastosowań kosmicznych.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu „Early Technology Development” finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną o numerze: 4000149344/2025/NL/GLC

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

Julia Purtak

Opiekun: dr hab. Elżbieta Skiba

Opiekun pomocniczy: dr inż. Monika Pietrzak

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

Wprowadzane do środowiska wraz z rozwojem nanotechnologii nanocząstki tlenku glinu (Al_2O_3) mogą zwiększać dostępność glinu dla roślin i wpływać na procesy życiowe roślin [1]. Negatywny wpływ obecnych w glebie jonów glinu jest znany od dawna. Mogą one powodować zahamowanie rozwoju korzeni, zaburzać pobieranie składników mineralnych oraz obniżać plonowanie roślin. Badania wykazały, że również nanocząstki Al_2O_3 ograniczają wzrost roślin, zwiększają akumulację glinu w tkankach, zmieniają zawartość makro- i mikroelementów oraz nasilają stres oksydacyjny [2, 3].

Celem pracy była ocena wpływu nanocząstek Al_2O_3 aplikowanych drogą korzeniową w trzech stężeniach (100, 300 i 500 mg/L) na skład chemiczny oraz wydajność asymilacji CO_2 ogórka (*Cucumis sativus* L.) uprawianego bezglebowo. Zastosowano nowoczesne metody analizy, umożliwiające określenie indeksu chlorofilu (SPAD) oraz efektywności fotosyntezy, a także przeprowadzono analizę chemiczną materiału roślinnego. Wyniki badań mają istotne znaczenie zarówno w kontekście oceny ryzyka środowiskowego, jak i potencjalnego wykorzystania nanomateriałów w rolnictwie [4, 5].

Bibliografia:

[1] Pietrzak M (2018) *Nanocząstki jako „nowoczesny” czynnik stresowy dla roślin*. Elik sir 2(8) 26-28 https://chemia.p.lodz.pl/Elik sir/Elik sir_nr8.pdf.

[2] Burklew, C. E., Ashlock, J., Winfrey, W. B., & Zhang, B. (2012). *Effects of aluminum oxide nanoparticles on the growth, development, and microRNA expression of tobacco (Nicotiana tabacum)*. PloS one, 7(5), e34783. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034783>

OPTYMALIZACJA SYNTEZY I DEPROTEKCJI OLIGORYBONUKLEOTYDÓW ZAWIERAJĄCYCH 5-PODSTAWIONE 2-TIOURYDYNY

Aleksandra Różycka

Opiekun: dr inż. Agnieszka Dziergowska
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
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 $cmnm^5s^2U$, 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/>)

OD OPONY DO MIKROPLASTIKU: NIEWIDZIALNY ŚLAD TRANSPORTU

inż. Julita Sadurska

Opiekun: prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński, Opiekun pomocniczy: dr inż. Tomasz Gozdek

Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników PŁ

ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź

Mikroplastik pochodzący ze ścierania opon stanowi istotne źródło zanieczyszczenia środowiska, obecne w glebie, wodzie i powietrzu. Ze względu na specyficzny skład chemiczny i obecność dodatków funkcjonalnych jego oddziaływanie na organizmy żywe może różnić się od innych typów mikroplastiku. Celem projektu jest opracowanie i porównanie laboratoryjnych metod wytwarzania gumowego mikroplastiku tak, aby możliwie wiernie odwzorować rzeczywisty ścier oponowy. Analizie poddane zostaną właściwości morfologiczne i fizykochemiczne cząstek, m.in. kształt, wielkość, skład fazowy oraz właściwości powierzchniowe, a także wpływ starzenia materiału na charakter generowanych cząstek. Uzyskane wyniki pozwolą lepiej zrozumieć mechanizmy powstawania mikroplastiku oponowego i stworzą podstawę do projektowania bardziej przyjaznych środowisku mieszanek bieżnikowych o zachowanych właściwościach użytkowych.

CZY OPAKOWANIE MOŻE BYĆ DOWODEM? KLASYFIKACYJNA ANALIZA KRYMINALISTYCZNA Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI LIBS I MIKROSKOPII CYFROWEJ

Sandra Sawicka

Opiekun: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk, prof. dr hab. inż. Małgorzata I. Szynkowska-Jóźwik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Identyfikacja materiałów wykorzystywanych w dokumentach i opakowaniach stanowi istotny obszar badań kryminalistycznych, ukierunkowany na różnicowanie ich składu chemicznego, właściwości fizycznych oraz technologii wytwarzania. W obliczu rosnącej skali fałszerstw analiza materiałów opakowaniowych nabiera szczególnego znaczenia, ponieważ opakowanie pełni nie tylko funkcję ochronną, ale również informacyjną i identyfikacyjną produktu. Według danych *Organisation for Economic Co-operation and Development* oraz *European Union Intellectual Property Office* podróbki odpowiadają za około 2,3% światowego handlu oraz 4,6% importu Unii Europejskiej, a szczególnie dynamiczny wzrost dotyczy rynku kosmetyków i perfum [1]. W związku z tym coraz większego znaczenia nabierają nowoczesne, mało inwazyjne techniki analityczne, takie jak spektroskopia emisyjna ze wzbudzeniem laserowym (LIBS), umożliwiające szybkie różnicowanie materiałów opakowaniowych oraz wspomagające ocenę autentyczności produktów.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania spektroskopii emisyjnej LIBS oraz mikroskopii cyfrowej, wspieranych analizą głównych składowych (PCA), w klasyfikacyjnej analizie kryminalistycznej materiałów opakowaniowych produktów kosmetycznych. Badaniom poddano podłoża papierowe oraz tonery pochodzące z opakowań reprezentujących cztery marki kosmetyczne. Rejestrację widm emisyjnych prowadzono z zastosowaniem 6-kanalowego, szerokopasmowego detektora CCD. Mikroskopię cyfrową wykorzystano w celu oceny skali uszkodzeń badanych opakowań oraz porównania jakości nadruków pomiędzy produktami tej samej marki. Uzyskane wyniki wykazały, że połączenie techniki LIBS, obrazowania mikroskopowego oraz metod chemometrycznych stanowi skuteczne narzędzie dyskryminacyjne. W zależności od rodzaju materiału kryjącego czy podłoża możliwe było rozróżnienie między sobą opakowań uznanych za oryginalne względem tych kwestionowanych.

[1] OECD, EUIPO Mapping Global Trade in Fakes (2019) 1-150

TOKSYCZNE DZIEDZICTWO PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO - OCENA ZANIECZYSZCZENIA METALAMI CIĘŻKIMI W REJONIE DAWNYCH SKŁADOWISK ODPADÓW POPRZEMYSŁOWYCH

Marta Smarzyk

Opiekun: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk, dr inż. Marcin Zaborowski, prof. dr hab. inż.

Małgorzata I. Szynkowska-Jóźwik

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ

ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

Dynamiczny rozwój przemysłu chemicznego w XX wieku doprowadził w wielu regionach Europy do powstania licznych składowisk odpadów przemysłowych, które często funkcjonowały bez odpowiednich zabezpieczeń środowiskowych [1]. Szczególnym problemem są historyczne miejsca deponowania odpadów pochodzących z produkcji barwników i innych gałęzi przemysłu chemicznego, zawierających metale ciężkie oraz trwałe związki organiczne. Wieloletnie magazynowanie tego typu odpadów bez właściwej izolacji sprzyja migracji zanieczyszczeń do gleby, wód gruntowych i powietrza atmosferycznego, powodując długotrwałą presję na środowisko oraz potencjalne zagrożenie dla zdrowia człowieka [2]. Jednym z obszarów wymagających szczególnej uwagi są historyczne składowiska odpadów przemysłowych zlokalizowane na terenie Zgierza (województwo łódzkie), związane z wieloletnią działalnością zakładów przemysłu chemicznego. Pomimo zakończenia działalności części obiektów, zdeponowane odpady mogą nadal stanowić wtórne źródło emisji metali ciężkich do środowiska. W związku z tym ocena stopnia zanieczyszczenia gleb oraz organizmów żywych w rejonie takich składowisk stanowi istotny element monitoringu terenów poprzemysłowych.

Celem pracy była ocena wpływu składowisk odpadów przemysłowych zlokalizowanych na terenie Zgierza na zawartość wybranych pierwiastków, w tym metali ciężkich, w glebie oraz materiale biologicznym (grzybach). Badaniom poddano próbki pobrane w bezpośrednim sąsiedztwie składowisk oraz z terenów odniesienia obejmujących centrum Łodzi i Las Łagiewnicki. Oznaczenia stężeń wybranych metali wykonano technikami ICP-OES oraz CVAAS. Uzyskane wyniki wskazały na istotnie wyższe poziomy metali ciężkich w próbkach pochodzących z rejonu Zgierza w porównaniu z obszarami odniesienia. Przekroczenia wartości dopuszczalnych dla gleb leśnych dotyczyły przede wszystkim Cd, Cu, Hg, Pb oraz Zn, natomiast dla w odniesieniu do poziomów dla terenów poprzemysłowych - Cd, Cu, Pb i Zn. Analiza wskaźników zanieczyszczenia wykazała, że największe ryzyko środowiskowe związane było z podwyższonymi stężeniami Cu, Hg, Ni oraz Zn. Otrzymane wyniki potwierdzają, że historyczne składowiska odpadów przemysłowych mogą pozostawać długotrwałym źródłem zanieczyszczeń środowiska, wymagającym stałego monitoringu oraz działań ograniczających rozprzestrzenianie się metali ciężkich w ekosystemach.

[1] R. O'Riordan, J. Davies, C. Stevens, J.N. Quinton, C. Boyko *Geoderma* (2021) 395, 1-12.

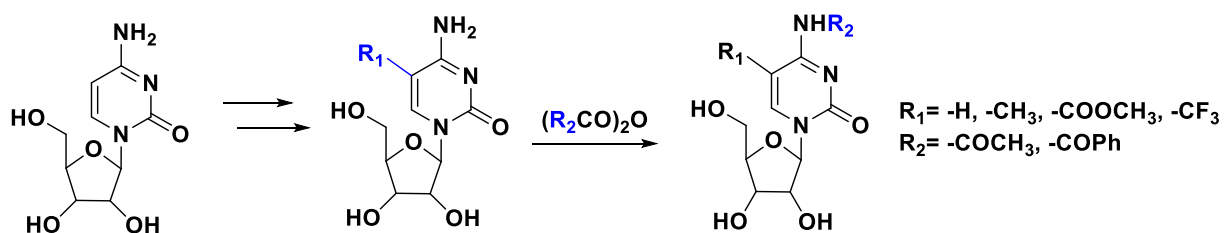
[2] M.S. Rahman, P. Kumar, M. Ullah i współ. *Environ. Chem. Ecotoxicol.* (2021) 3, 197-208.

SELEKTYWNE N⁴-ACYLOWANIE CYTYDYNY I JEJ 5-PODSTAWIONYCH POCHODNYCH

Aleksandra Sobala

Opiekun: dr hab. inż. Grażyna Leszczyńska, prof. PŁ
Opiekun pomocniczy: mgr inż. Mateusz Żółtobrocki
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
Zespół Komponentów Kwasów Nukleinowych
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

W ramach pracy magisterskiej przeprowadzono syntezę trzech zróżnicowanych strukturalnie 5-podstawionych pochodnych cytydyny: 5-metylocytydyny, 5-trifluorometylocytydyny oraz 5-metoksykarbonylocytydyny, które następnie wykorzystano do opracowania strategii selektywnego N⁴-acylowania i N⁴-benzoilowania (Schemat). Metoda opierała się na zastosowaniu mało reaktywnych odczynników acylujących - bezwodnika octowego i benzoesowego - w bezwodnym DMF¹ lub etanolu². Po optymalizacji warunków dla niemodyfikowanej cytydyny procedurę zaadaptowano do pochodnych zawierających podstawniki o charakterze elektronodonorowym i elektronoakceptorowym. Uzyskane wyniki wskazują, że szybkość i selektywność N⁴-acylowania zależą od wpływu podstawnika w pozycji C5 na charakter elektronowy pierścienia cytozyny i gęstość elektronową atomu azotu grupy aminowej. Reaktywność badanych związków rosła w szeregu: 5-trifluorometylocytydyna < 5-metoksykarbonylocytydyna < cytydyna < 5-metylocytydyna. Najwyższą wydajność oraz selektywność N⁴-acylowania uzyskano dla cytydyny i 5-metylocytydyny.



Schemat. Synteza 5-podstawionych pochodnych cytydyny (R₁⁵C) i następnie N⁴-acylowanie.

1. Bhat V., Ugarkar B. G., Sayeed V. A., Grimm K., Kosora N., Domenico P. A., Stocker E., A Simple and Convenient Method for the Selective N-Acylation of Cytosine Nucleosides, *Nucleosides and Nucleotides*, **1989**, 8:2, 179-183
2. Kawai G., Hashizume T., Yasuda M., Miyazawa T., McCloskey J. A., Yokoyama S., Conformational Rigidity of N⁴-Acetyl-2'-O-methylcytidine Found in tRNA of Extremely Thermophilic Archaeobacteria (Archaea), *Nucleosides and Nucleotides*, **1992**, 11:2-4, 759-771

SYNTEZA NOWYCH ANALOGÓW CYPROFLOKSACYNY MODYFIKOWANYCH NA GRUPIE KARBOKSYLOWEJ FRAGMENTEM IZOTIOCYJANIANU

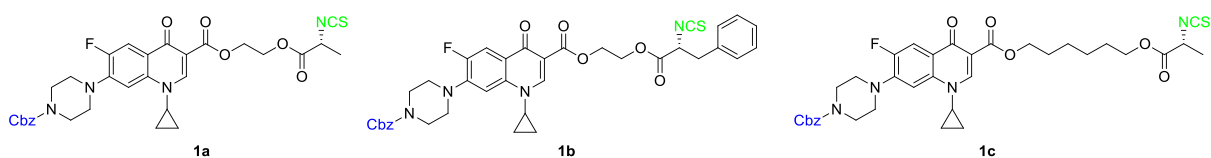
Kinga Sobczak

Opiekun: dr Łukasz Janczewski

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Zakażenia bakteryjne są poważniejszym problemem w obecnym świecie. Z tego powodu wciąż poszukiwane są 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). ITCs 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.



Celem mojej 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.

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. Isothiocyanates: An Overview of Their Antimicrobial Activity against Human Infections. *Molecules*, 23, **2018**, 624.

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

Julia Socha

Opiekun: dr inż. Magdalena Gajek.

*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
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.

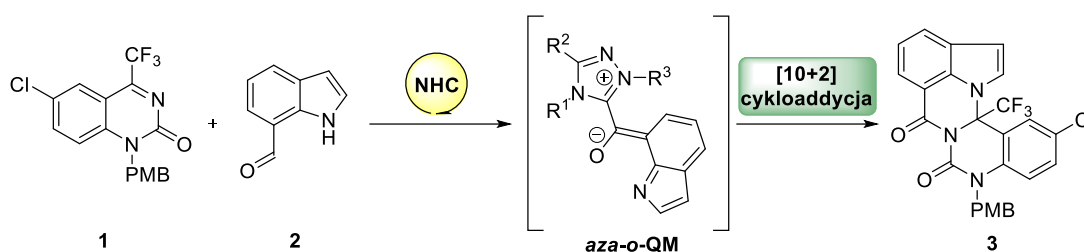
Badaniom poddano pięć rodzajów miodów naturalnych ($n = 15$), syrop fruktozowy ($n = 3$) oraz próbki miodów z HFCS ($n = 15$). Oznaczono pH, wolną kwasowość, przewodność elektryczną właściwą, zawartość wody i cukrów oraz skład pierwiastkowy metodą ICP-OES.

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.

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

Adam Splawski

Opiekun: dr inż. Anna Skrzyńska, prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ
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-karbalddehydu. 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-karbalddehydu. 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.

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 OTOCZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI EMISYJNE UKŁADÓW DONOR-AKCEPTOR-DONOR OPARTYCH NA DIBENZO[A,J]FENAZYNIĘ

Maja Staruch

Opiekun: dr hab. inż. Gabriela Wiosna-Sałyga
*Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Rozwój technologii OLED jest ściśle związany z projektowaniem wydajnych emiterów zdolnych do efektywnego wykorzystania ekscytonów trypletowych. Szczególnie obiecujące są układy donor-akceptor-donor (D-A-D), w których emisja może zachodzić zarówno ze stanów lokalnie wzbudzonych (LE), jak i stanów z przeniesieniem ładunku (CT). Właściwości emisyjne i potencjalne zastosowanie takich materiałów zależą nie tylko od budowy części donorowej i akceptorowej, lecz także od natury otoczenia oraz oddziaływań międzycząsteczkowych. Prezentowane badania dotyczą dwóch nowych emiterów opartych na dibenzo[a,j]fenazynie (DBPHZ), różniących się strukturą donora. Zarówno w roztworze, jak i w ciele stałym zaobserwowano silny wpływ polarności środowiska na właściwości optyczne badanych układów. Jej wzrost prowadzi do batochromowego przesunięcia emisji, sugerując udział stanów CT. Wartości $\Delta E_{ST} \approx 0,43$ eV i 0,5 eV wyjaśniają brak termicznie aktywowanej opóźnionej fluorescencji, przy jednoczesnej obserwacji fosforescencji w temperaturze pokojowej. Obecność atomu germanu wpływa na wydajność kwantową emisji w różny sposób w roztworze i ciele stałym.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu:
NCN, OPUS 23, UMO-2022/45/B/ST5/03712

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

Justyna Stępińska

Opiekun: dr inż. Magdalena Gajek.

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

Wina szczepu *Cabernet Sauvignon* charakteryzują się wysoką zawartością związków fenolowych, wpływających na stabilność barwy i przebieg procesów starzenia. Celem pracy była ocena zmian składu pierwiastkowego i parametrów barwy czerwonych win Cabernet Sauvignon po długotrwałym przechowywaniu po otwarciu butelki oraz po długotrwałym czasie przechowywania oraz określenie możliwości różnicowania win komercyjnych i domowych. Materiał badawczy stanowiło 90 próbek win analizowanych bezpośrednio po otwarciu oraz po dwuletnim przechowywaniu w kontrolowanych warunkach. Oznaczenia 18 pierwiastków wykonano metodą ICP-OES, a parametry barwy oznaczono spektrofotometrycznie metodą UV-Vis.

Długotrwałe przechowywanie powodowało istotne zmiany składu pierwiastkowego (w postaci spadku stężenia wszystkich porównywanych pierwiastków) oraz obniżenie intensywności barwy przy jednoczesnym wzroście jej odcienia, co wskazuje na procesy utleniania i degradację antocyjanów. Analiza chemometryczna potwierdziła możliwość różnicowania win komercyjnych i domowych na podstawie charakterystycznych profil pierwiastkowych. Obserwacje te mogą mieć znaczenie w praktyce kryminalistycznej, gdzie istnieje potrzeba określenia czy zabezpieczona próbka wina pochodziła z wcześniej otwartej butelki oraz jak długo była przechowywana po otwarciu.

AUTENTYCZNOŚĆ NA WAGĘ ZIOŁ: MIĘDZY NATURĄ A RYZYKIEM W TRADYCYJNEJ MEDYCYNIE CHIŃSKIEJ

Adrianna Szczecińska

Opiekun: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk, prof. dr hab. inż. Małgorzata I. Szykowska-Jóźwik
Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

Stosowanie preparatów roślinnych, w tym surowców tradycyjnej medycyny chińskiej (TCM, ang. *Traditional Chinese Medicine*), jest szeroko rozpowszechnione na świecie i stanowi istotny element medycyny niekonwencjonalnej. Według WHO około 4 mld ludzi korzysta z preparatów pochodzenia roślinnego, natomiast 70–80% populacji stosuje lub stosowało medycynę tradycyjną opartą głównie na surowcach roślinnych. Europa odpowiada za ponad 30% światowego rynku TCM, co odzwierciedla rosnące zainteresowanie tymi produktami poza krajami azjatyckimi. Jednocześnie szczególne obawy budzi obecność potencjalnie toksycznych pierwiastków, tj. Pb, Cd, As i Hg, które mogą przedostawać się do roślin ze środowiska oraz podczas uprawy i przetwarzania. W badaniach obejmujących 1773 próbki ziół leczniczych ponad 30% materiałów zawierało co najmniej jeden pierwiastek w stężeniu przekraczającym dopuszczalne limity, najczęściej Pb (5,75%), Cd (4,96%), As (4,17%) i Hg (3,78%) [1]. Z kolei, w Korei preparaty TCM wskazano jako najczęstszą przyczynę niezawodowego zatrucia ołowiem, a szacowane pobranie Pb było nawet 3-4000 razy wyższe od wartości rekomendowanych przez WHO [2]. Dodatkowym problemem pozostają zafałszowania oraz niewystarczająca kontrola jakości surowców TCM. Coraz częściej wskazuje się, że skład pierwiastkowy roślin może być użyteczny m.in. w różnicowaniu surowców dziko rosnących i uprawnych oraz w ocenie ich pochodzenia i autentyczności.

Celem pracy była kompleksowa ocena bezpieczeństwa stosowania ziół TCM dostępnych na rynku polskim oraz analiza zależności między składem pierwiastkowym a gatunkiem, pochodzeniem i częścią rośliny. Materiał badawczy stanowiło 97 próbek surowców roślinnych wykorzystywanych w TCM. Oznaczenia stężeń wybranych pierwiastków wykonano z zastosowaniem technik ICP-OES, GFAAS oraz CVAAS. Uzyskane wyniki poddano analizie metodami chemometrycznymi, tj. analiza głównych składowych (PCA) i analiza skupień (CA), oraz przedstawiono w formie map ciepła i wykresów radarowych, co umożliwiło ocenę podobieństw i różnic pomiędzy badanymi próbkami oraz identyfikację potencjalnych zafałszowań. Stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych poziomów głównie dla Cd, a w mniejszym stopniu również As i Hg. Przeprowadzona ocena ryzyka wykazała jednak, że same przekroczenia wartości normatywnych nie odzwierciedlają w pełni rzeczywistego zagrożenia zdrowotnego, które było związane przede wszystkim z długoterminowym ryzykiem kancerogennym. Uzyskane wyniki potwierdziły przydatność metod chemometrycznych jako narzędzi wspomagających ocenę bezpieczeństwa, kontrolę jakości oraz identyfikację autentyczności surowców TCM dostępnych na rynku europejskim.

[1] Luo L i współ. (2021) *Front. Pharmacol.* 11:595335.

[2] Kim H, Hughes PJ, Hawes EM. (2014) *Yonsei Med J.* 55(5):1177-1186.

WSPÓŁCZESNE WYZWANIA W PROJEKTOWANIU POWŁOK POLIMEROWYCH

Kacper Szeliga

Opiekun: dr hab. Anna Marzec, prof. uczelni

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

Powłoki polimerowe zdolne do zmiany barwy i kształtu w odpowiedzi na bodźce zewnętrzne stanowią obiecujące materiały do budowy systemów sensorycznych. W pracy zaprojektowano i zsyntetyzowano trzy powłoki na bazie karboksylowanego kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (XNBR), alizaryny oraz termochromu kapsułkowanego. Pierwsza zmienia kształt i barwę pod wpływem temperatury. Dwie pozostałe reagują kształtem na temperaturę, a kolorem na opary kwasowe lub zasadowe. Modyfikacja alizaryny pałygorskitem zwiększyła czułość powłoki na opary kwasowe. Badania spektrofotometryczne potwierdziły wyraźne zmiany barwy: największe odnotowano dla NH_3 ($dE = 62,84$, powłoka z alizaryną naturalną) oraz HCl ($dE = 28,77$, powłoka z alizaryną zmodyfikowaną). Właściwości termochromowe powłok zbadano w wodzie o temperaturze 70°C ($dE = 75,34$) i 30°C ($dE = 7,61$). Wyniki wskazują na potencjał opracowanych materiałów jako wizualnych wskaźników zmian środowiskowych.

Praca wykonana w ramach projektu E2TOP (Excellence in Engineering: Talents in Research with Opportunities Programme), Politechnika Łódzka.

FUNKCJONALNE EKO-KOMPOZYTY

Natalia Szymańska

Opiekun: dr hab. Anna Marzec, prof. uczelni.

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

Celem pracy było opracowanie funkcjonalnych kompozytów elastomerowych opartych na kauczukach SBR i NR z dodatkami funkcjonalnymi, przyjaznych dla środowiska. Badania koncentrowały się na właściwościach fizykochemicznych, przeciwdrobnoustrojowych oraz termochromowych materiałów. Badano również wpływ dodatku olejków zapachowych (eukaliptus, róża, mięta, lawenda) na dane elastomery.

Oceniono kinetykę sieciowania, pęcznienie materiałów w różnych rozpuszczalnikach (aceton, toluen, heksan, octan etylu) oraz aktywność względem wybranych mikroorganizmów.

Wykazano, że zdolność materiałów do pęcznienia zależała od rodzaju rozpuszczalnika, a rodzaj elastomeru oraz użytego olejku istotnie wpływał na właściwości kompozytów. Największy stopień spęcznienia zaobserwowano przy olejku eukaliptusowym, co czyni go obiecującym modyfikatorem do dalszych badań. Modyfikowane układy wykazywały zwiększoną aktywność przeciwbakteryjną wobec bakterii *E. coli* i *S. aureus*.

Otrzymane materiały mogą znaleźć zastosowanie jako inteligentne kompozyty elastomerowe o właściwościach biostatycznych, które mogą informować o zmianie warunków pracy.

Praca wykonana w ramach projektu E2TOP.

WPLYW DODATKU NANOKRZEMIONKI NA MIESZANKI KAUCZUKU BUTADIENOWEGO I SILIKONOWEGO W ZASTOSOWANIACH KOSMICZNYCH

Wiktor Szymczak

Opiekun: dr inż. Rafał Anyszka

*Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i barwników PŁ
ul. Prof. Bohdana Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

Kauczuk silikonowy (MQ) oraz butadienowy (BR) są obiecującymi materiałami do zastosowań w przestrzeni kosmicznej ze względu na ich niską temperaturę szklenia (T_g). Gwarantuje ona zachowanie elastyczności w szerokim zakresie temperatur, które często występują w warunkach kosmicznych. MQ charakteryzuje się wyższą elastycznością i odpornością chemiczną w porównaniu do BR, podczas gdy BR wykazuje lepsze właściwości mechaniczne i odporność na ścieranie niż MQ. W związku z tym, tworzenie mieszanek obu elastomerów pozwala na synergiczne połączenie ich zalet.

Jednakże mieszanie tych kauczuków nie jest zadaniem prostym, ponieważ są one termodynamicznie niemieszalne i wykazują znaczną różnicę w lepkościach. Aby poprawić jednorodność niemieszalnych kauczuków, można wprowadzić aktywny napełniacz. W takich mieszankach napełniacz może pełnić rolę stałego czynnika sprzęgającego poprzez adsorpcję makrocząsteczek obu typów kauczuku na swojej powierzchni. Najważniejszym warunkiem jego skuteczności jest silne oddziaływanie między powierzchnią napełniacza a makrocząsteczkami obu elastomerów. Co więcej, dodatek aktywnego napełniacza zwiększa lepkość niemieszalnych mieszanek, co prowadzi do powstawania wyższych sił ścinających podczas sporządzania mieszanki, co również poprawia ich homogeniczność.

W niniejszej pracy do mieszanek kauczuku butadienowego i silikonowego wprowadzono hydrofobizowaną krzemionkę pirogeniczną w różnych ilościach, aby zbadać ich mikromorfologię (mikroskopia optyczna oraz AFM) oraz właściwości (mechaniczne i dynamiczne). Relacja między strukturą a właściwościami została omówiona i podsumowana.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu „Early Technology Development” finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną o numerze: 4000149344/2025/NL/GLC

**BETON NOWEJ GENERACJI DLA ELEKTROWNI JĄDROWYCH –
PROJEKT I BADANIE KOMPOZYTÓW CEMENTOWYCH
ODPORNÝCH NA PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE**

Igor Szymorek

Promotor: dr inż. Bożena Rokita

Opiekun: dr inż. Agnieszka Adamus-Włodarczyk

*Wydział Chemiczny, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej PŁ
ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź*

W obliczu rozwoju energetyki jądrowej, wdrażania małych reaktorów modułowych (SMR) oraz rosnącego wykorzystania promieniowania jonizującego w medycynie konieczne jest opracowanie nowoczesnych materiałów osłonowych o wysokiej skuteczności ochrony radiacyjnej.

Celem pracy jest ocena wpływu nowoczesnych modyfikatorów betonu ciężkiego na jego właściwości mechaniczne, zdolność osłony przed promieniowaniem jonizującym oraz odporność na degradację radiacyjną. Dobór dodatków oparto na analizie literatury naukowej dotyczącej materiałów stosowanych w energetyce i medycynie.

W celu symulacji warunków w strefach podwyższonego promieniowania wykorzystano akcelerator elektronów oraz komorę gamma. Planowane są badania fizykochemiczne (FTIR, TGA, DSC, SEM) oraz ocena absorpcji promieniowania jonizującego przez opracowane kompozyty betonowe.

Praca realizowana jest we współpracy z firmą Atlas, zapewniającą wsparcie technologiczne i przemysłowe. Opracowane kompozyty stanowią perspektywiczny kierunek rozwoju materiałów do zastosowań w energetyce jądrowej i medycynie, gdzie wymagane są wysokie standardy bezpieczeństwa radiacyjnego.

**SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA POCHODNYCH FRAGMENTU
B12-B17 INSULINY O POTENCJALNYM DZIAŁANIU
ANTY-AMYLOIDOWYM JAKO SKŁADNIKÓW
TRANSDERMALNYCH ŻELI KOLAGENOWYCH**

inż. Klaudia Tylkowska

Opiekun: 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.

CZY KAŻDY TONER JEST TAKI SAM? INFORMACJA UKRYTA W ZUŻYTYCH TONERACH - WIELOWYMIAROWA ANALIZA Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI SEM-EDS

Zuzanna Ubfal

Opiekun: dr inż. A. Pawlaczyk, dr inż. A. Zimon, prof. M.I. Szyrkowska-Jóźwik
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Zużyte tonery do drukarek stanowią istotny składnik strumienia elektroodpadów, należącego do najszybciej rosnących kategorii odpadów na świecie. Szacuje się, że globalnie każdego dnia wyrzucanych jest około miliona kartridży, a pojedynczy wkład może zawierać nawet około 8% masy w postaci pozostałości proszku tonerowego. Pozostałości te zawierają mieszaniny polimerów, pigmentów oraz dodatków nieorganicznych, w tym metali i ich tlenków, których udział może wynosić od 1 do 33% składu tonerów. W literaturze podkreśla się również, że podczas eksploatacji urządzeń drukujących dochodzi do emisji cząstek o rozmiarach nano- i mikrometrycznych, mogących stanowić potencjalne zagrożenie dla środowiska oraz zdrowia człowieka [1]. Z punktu widzenia kryminalistyki tonery stanowią cenny materiał badawczy w analizie dokumentów kwestionowanych, ponieważ ich skład może stanowić charakterystyczny „podpis” konkretnego producenta lub modelu urządzenia drukującego. Analiza subtelnych różnic pomiędzy tonerami może wspierać proces weryfikacji autentyczności dokumentów. Dotychczasowe badania potwierdziły możliwość wykorzystania techniki SEM-EDS do charakterystyki i różnicowania tonerów stosowanych w urządzeniach drukujących z efektywnością sięgającą 70,7% [2]. Jednocześnie zmienność składu tonerów związana z rozwojem technologii drukowania wskazuje na potrzebę ich bieżącej kontroli, istotnej zarówno dla badań kryminalistycznych, jak i właściwego zagospodarowania odpadów należących do strumienia elektroodpadów.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania techniki SEM-EDS wspieranej metodami chemometrycznymi do różnicowania zużytych tonerów pochodzących od różnych producentów oraz modeli drukarek. Otrzymane wyniki półilościowe po uprzedniej normalizacji opracowano z zastosowaniem analizy PCA i CA. Zastosowane podejście pozwoliło na wyodrębnienie grup próbek o zbliżonych cechach, wskazanie różnic w ich składzie pierwiastkowym i morfologii oraz ocenę przydatności techniki SEM-EDS.

[1] V. Gaikwad, U. Kumar, F. Pahlevani i współ. *ACS Sustain. Chem. Eng.* (2017) 1–8.

[2] T. Trejos, R. Corzo, K. Subedi i współ. *Spectrochim. Acta Part B* (2014) 9–22.

WYKORZYSTANIE FOTOKATALIZATORÓW W CELU SYNTEZY ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH

Szymon Wojciechowski

Opiekun: dr inż. Ewelina Kowalska

Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ

ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

Poster zawiera prezentację wyników badań prowadzonych przeze mnie dotyczących wielkoskalowej syntezy chromanonów o różnej strukturze przy użyciu metod fotokatalitycznych, a także opis zachodzących procesów oraz warunków niezbędnych do prawidłowego przebiegu reakcji. Syntezę przeprowadzano pomiędzy kwasem kumarowo-3-karboksylowym a zróżnicowanymi cykloalkanolami rozpuszczonych w dichlorometanie w środowisku 2,6-lutydyny. Uzyskane wyniki zostały porównane do reakcji syntez ww. związków w skali mikroskopijnej. Badania zostały przeprowadzone w ramach wolontariatu naukowego w Instytucie Chemii Organicznej PŁ w semestrze letnim 2025/2026.

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

Weronika Wolna

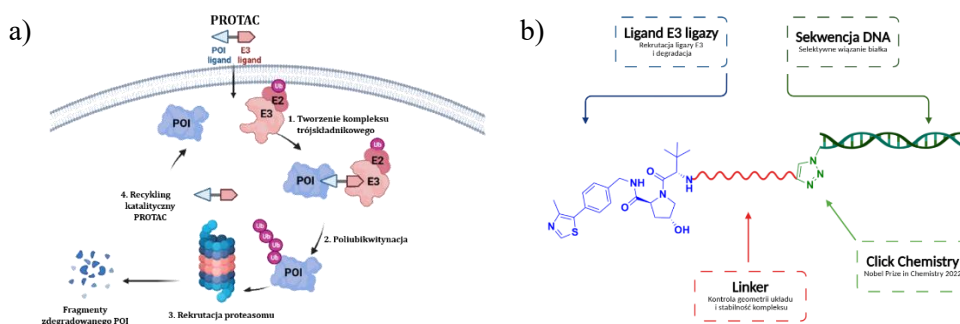
Opiekun: dr hab. Katarzyna Błażewska¹, prof. uczelni

Opiekun pomocniczy: dr Ewa Radzikowska-Cieciura², dr Joanna Małolepsza¹

¹Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej PŁ, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

²Zakład 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. Skuteczność cząsteczek PROTAC zależy od trzech elementów: liganda ligazy E3, łącznika oraz liganda białka docelowego (POI). Oligo-PROTAC stanowią rozszerzenie klasycznej strategii PROTAC, w której funkcję rozpoznającą cel biologiczny pełni sekwencja oligonukleotydowa. 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. 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

CZEGO OCZY NIE WIDZĄ, TO ORGANIZM CHŁONIE: CIEMNA STRONA MATERIAŁÓW OPAKOWANIOWYCH DO KONTAKTU Z ŻYWNOSCIĄ (FCM)

Weronika Zdziarska

Opiekun: dr inż. Aleksandra Pawlaczyk
*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź*

Materiały opakowaniowe do kontaktu z żywnością (FCM) odgrywają istotną rolę w systemie bezpieczeństwa. Skalę wyzwania obrazują dane z 2021 roku: w UE wytworzono 84 mln ton odpadów opakowaniowych (średnio 188,7 kg na osobę), co stanowi wzrost o 24% względem 2010 r. Dominują papier i tektura (40,3%), tworzywa sztuczne (19,0%) oraz szkło (18,5%) [1]. Złożone struktury wielowarstwowe wymagają precyzyjnej oceny migracji substancji, takich jak dodatki technologiczne czy NIAS, zależnie od czasu, temperatury i rodzaju żywności [2].

Celem pracy było opracowanie kompleksowego podejścia do oceny FCM (papier, metale, polimery). Do badania składu i morfologii metali wykorzystano techniki LIBS oraz SEM-EDS. Spektroskopię IR zastosowano do identyfikacji polimerów, a analizę ilościową składników przeprowadzono za pomocą ICP-OES, GFAAS oraz CVAAS. Na tej podstawie wytypowano próbki do testów migracji w roztworach modelowych. Dodatkowo oceniono wpływ starzenia na powierzchnię materiałów przy użyciu komory klimatycznej i mikroskopii cyfrowej, co pozwoliło zidentyfikować zmiany wpływające na uwalnianie substancji. Wiarygodna ocena bezpieczeństwa opakowań musi łączyć zaawansowane techniki analityczne, uwzględniając procesy degradacji i migracji podczas całego cyklu użytkowania.

[1] Eurostat. *Packaging waste statistics*. European Commission, 2023, 1-15.

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

POSZUKIWANIE RDZENI AMYLOIDEGENNYCH (HOT SPOTS) A-SYNUKLEINY, KTÓREJ AGREGATY ODPOWIADAJĄ ZA ROZWÓJ CHOROBY PARKINSONA

Blanka Zybert, Joanna Lewandowska, Justyna Frączyk, Beata Kolesińska

*Instytut Chemii Organicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
257243@edu.p.lodz.pl*

Choroba Parkinsona jest postępującą chorobą neurodegeneracyjną związaną z agregacją α -synukleiny. Celem badań prowadzonych w Instytucie Chemii Organicznej PŁ jest identyfikacja minimalnych fragmentów α -synukleiny inicjujących agregację oraz opracowanie strategii hamowania tego procesu. Otrzymano cztery peptydy: EQVTNVGGAV, VTGVTAVAQK, TVEGAGSIAA i ATGFV metodą syntezy na fazie stałej (SPPS) z użyciem strategii Fmoc/tBu i triazynowych reagentów kondensujących. Potencjał agregacyjny analizowano technikami fluorescencyjnymi z tioflawiną T, spektroskopią UV-VIS oraz metodami mikroskopowymi. Na podstawie wyników planowana jest synteza analogów zawierających reszty N-metyloaminokwasowe destabilizujące agregaty. Badania mogą stanowić podstawę nowych terapii choroby Parkinsona.

1. P. Calabresi, i in., Cell Death Dis., 2023, 14, 176.
2. B. Kolesińska, i in., Eur. J. Org. Chem., 2015, 401-408.

**STRESZCZENIA KOMUNIKATÓW USTNYCH
DOKTORANTÓW**

MECHANISM OF F₄₃₀-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),
Interdisciplinary Doctoral School, Lodz University of Technology, ul. Żeromskiego 116,
90-924 Łódź, Poland*

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 F₄₃₀ coenzyme efficiently degrade these pollutants. However, the precise mechanisms governing F₄₃₀-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 F₄₃₀ 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 (CH₃Cl, CH₂Cl₂) favor a classical S_N² pathway, a shift to a radical mechanism occurs for heavily chlorinated species (CHCl₃, CCl₄) 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.

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

CYCLIC DIKETOPIPERAZINES AS POTENTIAL MODULATORS OF NEUROTENSIN RECEPTOR1

Sepideh Jafari

Opiekun: dr hab. Joanna Bojarska, prof. PŁ, prof. dr. hab. inż. Wojciech Wolf

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

Cyclic diketopiperazines (DKPs) are attractive peptide-based scaffolds with significant potential in GPCR-targeted drug design due to their conformational stability and diverse interaction properties.[1–3] In this study, selected DKP derivatives were investigated as potential modulators of Neurotensin Receptor 1 (NTSR1). The obtained results revealed favorable ligand–receptor interactions and stable binding within the receptor cavity. Structural analysis highlighted the importance of non-covalent interactions in stabilizing the complexes and influencing receptor recognition. The studied DKPs demonstrated promising binding behavior, suggesting their potential application in the development of novel peptide-based GPCR modulators.[3,4]

Literatura

- [1] Bojarska et al., *Biomolecules*, 2021, 11, 1515.
- [2]]Bojarska et al., *CrystEngComm*, 2022, 24, 8372–8389.
- [3] Jafari and Bojarska, *Med. Sci. Forum*, 2025, 34, 2.
- [4] Dandapani et al., *J. Org. Chem.*, 2006, 71, 7650–7654.

BETONY I ZAPRAWY O OBNIŻONYM ŚLADZIE WĘGLOWYM NA BAZIE SPOIW ALTERNATYWNYCH

Jakub Jędrzejczak

Opiekun: prof. dr hab. inż. Marcin Koniorczyk,
*Lodz University of Technology, Department of Concrete Structures,
al. Politechniki 6, Lodz, 93-590, Poland*

Komunikat zawiera przegląd oraz koncepcję wykorzystania alternatywnych spoiw o niskim śladzie węglowym jako potencjalnego zamiennika tradycyjnych spoiw cementowych w betonach oraz zaprawach. Wskazuje na poznane do tej pory wady i zalety konkretnych rozwiązań, będących ekologiczną alternatywą dla różnego rodzaju cementów. Podnosi również kwestie dotyczące tego, w jakim stopniu wykorzystanie spoiw alternatywnych może wpłynąć na ograniczenie śladu węglowego wyrobów. Omawia i wskazuje kierunki dalszych badań nad materiałami o podwyższonej trwałości i niższym śladzie węglowym. Omawia wyzwania dotyczące zastosowania spoiw alternatywnych m.in. kwestie związane z dostępnością surowców, stałością ich cech i parametrów oraz metody ich pozyskiwania. Zawiera również dyskusję dotyczącą wybranej części wyników badań zrealizowanych przy Katedrze Budownictwa Betonowego, Wydziału Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej w ramach doktoratu realizowanego w programie „Doktorat wdrożeniowy”.

Praca wykonana w ramach projektu pt. „Doktorat wdrożeniowy”.

UTLENIANIE CZY PRZNIESIENIE JONU? O METODACH ELEKTROANALIZY KODEINY SŁÓW KILKA

**Grzegorz Kowalski, Olga Szymaniec, Aleksandra Mikołajczyk, Katarzyna Szwabińska,
Bartłomiej Hurny, Karolina Kwaczyński, Łukasz Półtorak**

Opiekun: dr hab. Łukasz Półtorak, prof. UŁ
*Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, E@SI Team
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

Kodeina jest lekiem opioidowym, znanym z właściwości przeciwkaszlowych i przeciwbiegunkowych. W organizmie człowieka metabolizowana jest do morfiny i może służyć jako prekursor do syntezy heroiny. W związku z narastającym problemem jej nadużywania potrzebne są proste platformy umożliwiające jej szybkie i czułe oznaczenie. W niniejszej prezentacji przedstawiono trzy podejścia do elektrochemicznego wykrywania leku. W pierwszej części omówiona zostanie platforma oparta na elektrodach drukowanych z kompozytu grafit-silikon modyfikowanych warstwami polielektrolitów. Następnie opisane zostanie elektroanalityczne oznaczenie kodeiny z wykorzystaniem elektrody z węgla szklistego. W ostatniej części przedstawiona zostanie elektrochemia granic fazowych typu ciecz–ciecz, która umożliwiła badanie procesu międzyfazowego przeniesienia jonów kodeiny. Dla każdego z badanych układów wyznaczono i porównano parametry analityczne, takie jak zakres liniowości, czułość oznaczania, granica wykrywalności oraz oznaczalności. Parametry te zostaną omówione wraz z zaletami i ograniczeniami proponowanych konfiguracji i protokołów.

MODYFIKACJA SYNTETYCZNYCH POLIMERÓW BIODEGRADOWLANÝCH ZA POMOCĄ PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

Katarzyna Kucharska

Opiekun: dr hab. Radosław Wach, prof. uczelni
Afiliacja (pogrubiona kursywa, czcionka 12), np.
Wydział Chemiczny, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej PŁ
ul. Wróblewskiego 15, 90-924 Łódź

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.

JAK ZAPROJEKTOWAĆ IDEALNY NOŚNIK DO TERANOSTYKI NA PRZYKŁADZIE NANOŻELI Z KARBOKSYMETYLOCELULOZY

Karolina Pietrucha^{1,2}

Promotor: dr hab. Sławomir Kadłubowski, prof. uczelni

Promotor Pomocniczy: dr inż. Beata Rurarz

¹ Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź, Polska

² Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska PŁ

Nowotwory pozostają jednym z największych wyzwań współczesnej medycyny, co napędza rozwój bardziej selektywnych i skutecznych terapii. Jednym z obiecujących kierunków jest teranostyka, łącząca diagnostykę i leczenie w jednym układzie. Kluczowym elementem takiego systemu jest nanonośnik transportujący radionuklidy oraz ligand celujący kierujący układ do komórek nowotworowych.

Celem naszego projektu było opracowanie platformy opartej na nanożelach z karboksymetylocelulozy (CMC), syntetyzowanych z użyciem wiązki przyspieszonych elektronów [1], a następnie przekształcenie jej w pełni funkcjonalny układ teranostyczny do leczenia czerniaka. Wytworzone nanozele definiujemy jako wewnętrznie usieciowane makrocząsteczki o średnicy poniżej 100 nm [2]. Zidentyfikowaliśmy czynniki kluczowe dla kontroli ich struktury i powtarzalności syntezy, takie jak stężenie polimeru, dawka promieniowania oraz szybkość dawkowania. Otrzymane materiały scharakteryzowaliśmy metodami GPC-MALS, DLS i AFM.

W prezentacji omówię cechy idealnego nanonośnika teranostycznego oraz etapy jego tworzenia – od doboru polimeru po funkcjonalizację biologiczną.

Praca sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki (2023/49/B/ST5/01191).

Źródła:

[1] Ulański, P.; Rosiak, J.M.; *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B.* **1999**, 151, 356–360.

[2] Kadłubowski, S., *Radiat. Phys. Chem.* **2014**, 102, 29–39.

IDENTYFIKACJA GEOGRAFICZNEGO POCHODZENIA KAWY NA PODSTAWIE SKŁADU PIERWIASTKOWEGO OZNACZONEGO TECHNIKĄ ICP-OES

Jonasz Tadeusz Starkiewicz

Opiekun: prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik
dr inż. Aleksandra Pawlaczyk

*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ
ul. Żeromskiego 116, 90-924 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 w próbkach kawy ziarnistej *Arabica* pochodzących z trzech krajów: Brazylii (BR), Kolumbii (CO) oraz Etiopii (ETH). 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. 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. 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.

Indeks**Streszczenia posterów studentów**

Abolonkina Anastasiia	P1	str. 14
Artkop Weronika	P2	str. 15
Bartecka Gabriela	P3	str. 16
Cieślak Marta	P4	str. 17
Dobosz Adam	P5	str. 18
Dzwonnik Zuzanna	P6	str. 19
Fałkowska Marta	P7	str. 20
Góralczyk Marta	P8	str. 21
Górra Emilia	P9	str. 22
Grabska Julia	P10	str. 23
Grapow Maria	P11	str. 24
Grzelak Zofia	P12	str. 25
Guldzińska Wiktoria	P13	str. 26
Gutkowska Aleksandra	P14	str. 27
Guz Julia	P15	str. 28
Jakim Eryk	P16	str. 29
Jeżyna Klaudia	P17	str. 30
Kaczmarek Kalina	P18	str. 31
Kałuźiak Adrianna	P19	str. 32
Kietlińska Julia	P20	str. 33
Kirchof Katarzyna	P21	str. 34
Kobalczyk Aleksandra	P22	str. 35
Kocięba Aleksandra	P23	str. 36
Kocur Natalia	P24	str. 37
Koliński Antoni	P25	str. 38
Koperska Magda	P26	str. 39
Kostka Julita	P27	str. 40
Koziński Krystian	P28	str. 41
Kręgiel Filip	P29	str. 42
Krzewiak Patryk	P30	str. 43
Kuk Julia	P31	str. 44
Kurczak Mikołaj	P32	str. 45
Łupińska Weronika	P33	str. 46
Madalińska Katarzyna	P34	str. 47
Michłanowicz Dorota	P35	str. 48

Milek Ada	P36	str. 49
Modrzecka Oliwia	P37	str. 50
Mosur Igor	P38	str. 51
Mroziak Małgorzata	P39	str. 52
Muszyński Krzysztof	P40	str. 53
Myjak Izabela	P41	str. 54
Nauharodskaya Katsiaryna	P42	str. 55
Ogień Klaudia	P43	str. 56
Okońska Patrycja	P44	str. 57
Owczarek Jakub	P45	str. 58
Pawęczuk Aleksandra	P46	str. 59
Piaszczyk Paulina	P47	str. 60
Plisiecka Angelika	P48	str. 61
Plucińska Natalia	P49	str. 62
Pomorska Klaudia	P50	str. 63
Przewozikowski Witold	P51	str. 64
Purtak Julia	P52	str. 65
Różycka Aleksandra	P53	str. 66
Sadurska Julita	P54	str. 67
Sawicka Sandra	P55	str. 68
Smarzyk Marta	P56	str. 69
Sobala Aleksandra	P57	str. 70
Sobczak Kinga	P58	str. 71
Socha Julia	P59	str. 72
Spławski Adam	P60	str. 73
Staruch Maja	P61	str. 74
Stępińska Justyna	P62	str. 75
Szczecińska Adrianna	P63	str. 76
Szeliga Kacper	P64	str. 77
Szymańska Natalia	P65	str. 78
Szymczak Wiktor	P66	str. 79
Szymorek Igor	P67	str. 80
Tylkowska Klaudia	P68	str. 81
Ubfal Zuzanna	P69	str. 82
Wojciechowski Szymon	P70	str. 83
Wolna Weronika	P71	str. 84
Zdziarska Weronika	P72	str. 85
Zybert Blanka	P73	str. 86

Streszczenia komunikatów ustnych doktorantów

Han Ye	K1	str. 88
Jafari Sepideh	K2	str. 89
Jędrzejczak Jakub	K3	str. 90
Kowalski Grzegorz	K4	str. 91
Kucharska Katarzyna	K5	str. 92
Pietrucha Karolina	K6	str. 93
Starkiewicz Jonasz	K7	str. 94

ISBN 978-83-68780-01-7



9 788368 780017