

Wydział Chemiczny
Politechniki Łódzkiej

Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Chemicznego

**X Sesja Magistrantów
i Doktorantów**
Łódzkiego Środowiska Chemików

Pod patronatem JM Rektora Politechniki Łódzkiej



Łódź, 4 czerwca 2019 r.

Wydział Chemiczny
Politechniki Łódzkiej

Oddział Łódzki
Polskiego Towarzystwa Chemicznego

X Sesja
MAGISTRANTÓW I DOKTORANTÓW
ŁÓDZKIEGO ŚRODOWISKA CHEMIKÓW

pod patronatem
JM Rektora Politechniki Łódzkiej
prof. dr hab. inż. Sławomira Wiaka

Łódź, 4 czerwca 2019 r.

X Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

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

X ŁSDCh nie ponosi odpowiedzialności za ich treść.

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ

90-924 Łódź, ul. Wólczańska 223

tel. 42-631-20-87; 42-631-29-52

fax 42-631-25-38

e-mail: zamowienia@info.p.lodz.pl

www.wydawnictwo.p.lodz.pl

ISBN 978-83-66287-04-4

DOI: 10.34658/9788366287044

<http://doi.org/10.34658/9788366287044>

Program X Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

8:00-9:00 Rejestracja uczestników (parter)

Rozwieszanie plakatów (parter)

9:00-9:15 Uroczyste otwarcie Sesji (Audytorium Ch-1)

9:15-10:30 Komunikaty Doktorantów (Audytorium Ch-1)

10:30-10:45 Przerwa

- **10:45-12:00**

Sesja plakatowa Magistrantów
(parter)

- **10:45-11:30**

Krótkie wystąpienia
Doktorantów
(Audytorium Ch-1)

12:00-12:15 Przerwa

- **12:15-13:00**

Doktorat „po nowemu”,
prof. dr hab. inż. Dariusza
Bielińskiego (Audytorium Ch-1)

- **12:15-13:00**

Obrady Jury Sesji
(sala konferencyjna)

- **13:00-14:00**

Prezentacje przedstawicieli
przemysłu (Audytorium Ch-1)

14:00 Podsumowanie Sesji, wręczenie nagród i uroczyste zamknięcie
Sesji (Audytorium Ch-1)

O Sesji

Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików jest przeglądem osiągnięć naukowych oraz forum wymiany doświadczeń przedstawicieli szkół wyższych i jednostek naukowych zajmujących się problematyką chemiczną na terenie Łodzi. Spotkania te corocznie gromadzą wielu studentów i doktorantów oraz ich promotorów. Najlepsze prezentacje są nagradzane.

Sesja podzielona jest na cztery sekcje tematyczne:

- Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia
- Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia i Chemia Medyczna
- Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych
- Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

Organizatorzy

Patronat

JM Rektor Politechniki Łódzkiej prof. dr hab. inż. Sławomir Wiak

Komitety honorowy

prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska
Dziekan Wydziału Chemicznego PŁ
prof. dr hab. n. biol. Wiesława Fogel
Katedra Diagnostyki Laboratoryjnej i Molekularnej, UM w Łodzi
prof. dr hab. Maria Koziółkiewicz
Dziekan Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ
prof. dr hab. Andrzej Kruk
Dziekan Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ
prof. dr hab. Jarosław Dziadek
Dyrektor Instytutu Biologii Medycznej, PAN
dr hab. Agnieszka Olejniczak prof. nadzw.
Przedstawiciel Instytutu Biologii Medycznej, PAN
Przedstawiciel Zarządu Łódzkiego Oddziału PTChem
prof. dr hab. Marek Potrzebowski
Dyrektor Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN
prof. dr hab. Sławomira Skrzypek
Dziekan Wydziału Chemii UŁ
dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk
Członek Głównego Zarządu Polskiego Towarzystwa Technologów
Żywności

Komitet organizacyjny

dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka – Przewodnicząca
dr inż. Bożena Rokita
dr inż. Lesław Sieroń

Jury Sesji

dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ

Prodziekan Wydziału Chemicznego PŁ

dr hab. Grażyna Budryn, prof. PŁ

Członek Zarządu OŁ PTTŻ

dr hab. Katarzyna Dzitko, prof. UŁ

Prodziekan Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

prof. dr hab. n. biol. Wiesława Fogel

Przedstawiciel Wydziału Wojskowo-Lekarskiego UM w Łodzi

dr hab. Paweł Stączek, prof. UŁ

Przedstawiciel Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ

dr hab. Agnieszka Olejniczak prof. nadzw.

Przedstawiciel Instytutu Biologii Medycznej, PAN

Przedstawiciel Zarządu Łódzkiego Oddziału PTChem

dr hab. Robert Zakrzewski, prof. UŁ

Prodziekan Wydziału Chemii UŁ

dr Jakub Milczarek

Przedstawiciel Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ

mgr inż. Krzysztof Piechocki

Przedstawiciel Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego

Redakcja materiałów Sesji

dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka

dr inż. Bożena Rokita

Projekt okładki

dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść publikowanych streszczeń.

ISBN 978-83-66287-04-4

DOI 10.34658/9788366287044

**W X Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego
Środowiska Chemików wyniki prezentują przedstawiciele
poniższych jednostek naukowych**



Politechnika Łódzka
Wydział Chemiczny



Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk
o Żywności



Centrum Badań Molekularnych
i Makromolekularnych
Polskiej Akademii Nauk



Instytut Biologii Medycznej
Polskiej Akademii Nauk



Uniwersytet Łódzki
Wydział Chemii



Uniwersytet Łódzki
Wydział Biologii
i Ochrony Środowiska

Sponsor wydarzenia - SYNTHOS



SYNTHOS
synonim
innowacyjnej
POLSKI

synthos
chemical innovations



Jeden z największych
producentów surowców
chemicznych w Europie

synthosgroup.com

Sponsorzy i partnerzy wydarzenia



Sponsorem głównym
wydarzenia jest firma

SYNTHOS S.A.



WITKO Sp. z o.o.



Polfarmex S.A.



Polskie Towarzystwo
Technologów
Żywności



Sekcja Studencka
Polskiego Towarzystwa
Chemicznego

STRESZCZENIA WYSTĄPIEŃ DOKTORANTÓW

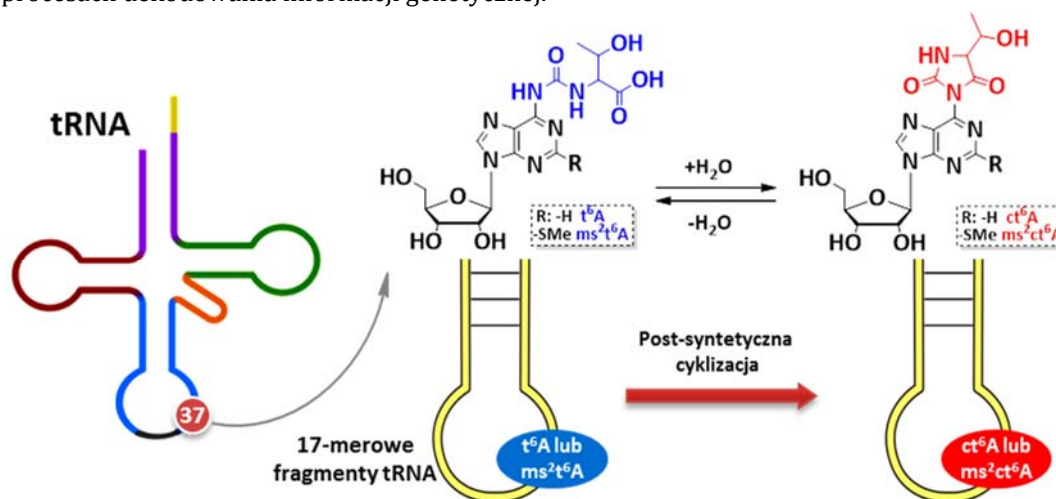
Synteza modyfikowanych nukleozydów i fragmentów tRNA zawierających pierścień hydantoiny

Katarzyna Dębiec

Promotor: prof. dr hab. inż. Elżbieta Sochacka

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

Nowo odkryte modyfikowane nukleozydy ct^6A oraz ms^2ct^6A zawierające część aminokwasową o strukturze pierścienia hydantoiny, zostały niedawno zidentyfikowane w pozycji 37 pętli antykodonu wielu tRNA, jako natywne formy znanych i badanych od lat liniowych analogów: N^6 -treonylokarbamoadenozy (t⁶A) oraz 2-tiometylo- N^6 -treonylokarbamoadenozy (ms^2t^6A) [1-3]. Cykliczne pochodne nie zostały wcześniej wyizolowane z powodu wysokiej podatności na hydrolizę pierścienia hydantoiny w warunkach alkalicznych, stosowanych uprzednio do izolacji tRNA [3]. W świetle odkrycia hydantoinowejformy ct^6A oraz ms^2ct^6A niezbędne jest przeprowadzenie badań mających na celu poznanie zależności pomiędzy strukturą a funkcją biologiczną jaką pełnią w procesach dekodowania informacji genetycznej.



W komunikacie prezentujemy efektywną metodę syntezy fragmentów tRNA, o sekwencji ramienia antykodonu tRNA_i^{Met} (*S. pombe*), tRNA_i^{Lys} (*T. brucei*) oraz tRNA_i^{Lys} (*E. coli*), modyfikowanych odpowiednio ct^6A lub ms^2ct^6A na drodze post-syntetycznej cyklizacji prekursorowych oligomerów zawierających liniowe pochodne t⁶A lub ms^2t^6A [4].

Ponadto zaprezentowane zostaną wyniki badań nad nową ścieżką syntezy cyklicznych nukleozydów przeprowadzone na modelowych jednostkach cg^6A oraz ca^6A , w których pierścień hydantoiny wywodzi się odpowiednio z achiralnej glicyny oraz L-alaniny, a następnie wykorzystanie opracowanych warunków w celu otrzymania natywnej L- ct^6A .

Projekt finansowany z środków Narodowego Centrum Nauki [UMO-2017/25/B/ST5/00971].

- [1] K. Miyauchi, S. Kimura, T. Suzuki, Nat. Chem. Biol., 2013, 9, 105-107.
- [2] M. Matuszewski i inni, Nucleic Acids Res., 2017, 45, 2137-2149.
- [3] B. Kang i inni, Nucleic Acid Res., 2017, 45, 2124-2136.
- [4] M. Matuszewski, K. Dębiec, E. Sochacka, Chem. Commun., 2017, 53, 7945-7948.

Zastosowanie spektroskopii w podczerwieni (IR) do identyfikacji unikatowych fragmentów widm w zakażeniu *H. Pylori*

Weronika Gonciarz

Promotor: prof. dr hab. Magdalena Mikołajczyk-Chmiela

Pracownia Gastroimmunologii, Katedra Immunologii i Biologii Infekcyjnej, Instytut Mikrobiologii, Biotechnologii i Immunologii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, ul. Pilarskiego 14/16 90-231 Łódź

Wstęp

Zakażenia *Helicobacter pylori* stanowią poważny problem w praktyce medycznej powiązany z rozwojem wrzodów żołądka lub dwunastnicy a także nowotworów żołądka. Sugerowany jest udział tych bakterii w rozwoju choroby niedokrwiennej serca (ChNS).

Cel

Identyfikacja unikatowych fragmentów widm IR dla próbek surowic: pacjentów dorosłych z ChNS, zdrowych dorosłych zdrowych dawców krwi, a także dzieci zakażonych lub niezakażonych *H. pylori* metodą spektroskopii w podczerwieni, w transformacji Fouriera (FTIR).

Materiały i metody

Analizowano próbki surowic: pacjentów z ChNS zakażonych *H. pylori* (90), i 81 zdrowych dawców krwi: zakażonych *H. pylori* (49) lub niezakażonych (32); dzieci zakażonych *H. pylori* (43) lub niezakażonych (41). Zakażenie *H. pylori* potwierdzono ureazowym testem oddechowych ¹³C oraz na podstawie wytwarzania przeciwciał IgG anty-*H. pylori* w teście immunoenzymatycznym ELISA. Widma w podczerwieni mierzono stosując spektrometr FT-IR/FT-NIR Spectrum 400 (PerkinElmer). 1μl surowicy nanoszono na kryształ spektroskopowy i pozostawiono na 5 minut do odparowania. Widmo IR mierzono w zakresie liczby falowej: 3000-750 cm⁻¹, a następnie poddawano analizie matematycznej. W teście chi-kwadrat wybrano 10 charakterystycznych fragmentów widm skorelowanych z zakażeniem *H. pylori* do stworzenia sztucznej sieci neuronowej.

Wyniki

Zidentyfikowano 10 fragmentów widm IR silnie skorelowanych z zakażeniem *H. pylori*. Fragmenty te znajdują się wewnątrz okien W2 i W3 w którym znajdują się głównie białka oraz w oknie W4, w których występują kwasy nukleinowe i węglowodory. Na podstawie danych chemometrycznych opracowano sztuczne sieci neuronowe umożliwiające wykazanie ekspozycji na zakażenie *H. pylori*.

Czułość i specyficzność proponowanej metody oszacowana wobec testów referencyjnych, na podstawie wstępnych wyników, wynosiła odpowiednio: 96% i 84% (dla surowic dorosłych) oraz 95 % i 86% (dla surowic dzieci).

Wnioski

Wstępne wyniki badań pozwalają sugerować możliwość zastosowania metody FTIR do analizy ludzkich surowic, w diagnostyce zakażeń *H. pylori*.

Polilaktydowe włókniny modyfikowane β -cyklodekstryną i nasycone kwercetyną jako potencjalne antybakteryjne materiały opatrunkowe

Bartłomiej Kost¹, Marek Brzeziński¹,

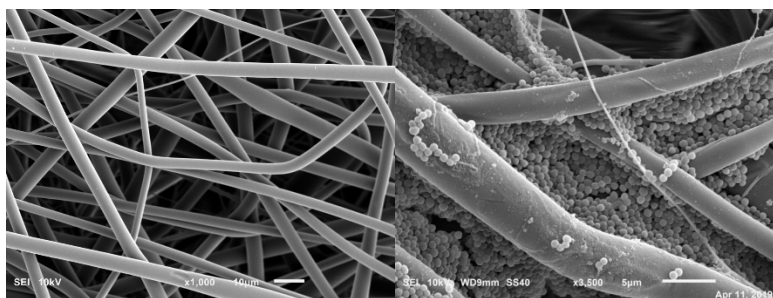
Marta Socka¹, Mariia Svyntlivska¹, Alina Kunicka-Styczyńska², Katarzyna Rajkowska²,
Tomasz Makowski¹, Tadeusz Biela¹

**¹Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź**

**²Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 121/173, 90-924 Łódź**

Kompleksy inkluzyjne typu gość-gospodarz są dobrze znane i szeroko wykorzystywane. Najczęściej rolę gospodarza pełnią cyklodekstryny – nietoksyczne, cykliczne oligosacharydy. Rolę gościa mogą pełnić np. leki lub inne bioaktywne związki, które enkapsulowane w luce cyklodekstryny są chronione przed przedwczesną degradacją [1]. Zastosowanie cyklodekstryn (wyposażonych w reaktywne grupy –OH) jako inicjatorów polimeryzacji L- i D-laktydów prowadzi do biozgodnego i biodegradowalnego polimeru gwiaździstego nadal zdolnego do formowania kompleksu inkluzyjnego [2]. Z tak otrzymanych polimerów można wytworzyć włókniny stosując dobrze znaną z literatury metodę elektroprzędzenia [3].

Celem pracy było wytworzenie włókien polilaktydowych zmodyfikowanych β -cyklodekstryną, zdolnych do utworzenia kompleksu inkluzyjnego z kwercetyną, jako potencjalnych materiałów opatrunkowych zawierających ułatwiających gojenie ran.



[1] K. Uekama, F. Hirayama, T. Irie, *Faculty of Pharmaceutical Sciences*, 1998, 862-973.

[2] K. Miyawaki, Y. Noguchi, E. Kato, T. Nakano, M. Akashi, *Environmental Science & Technology*, 2014, 8094-8100.

[3] S. Agwaral, J.H. Wendorff, A. Greiner, *Polymer*, 2008, 5603-5621.

Poszukiwanie inhibitorów błonowej lokalizacji białek RAB wśród analogów kwasów α -fosfonokarboksylowych

Aleksandra Marchwicka

Promotor: dr hab. Edyta Gendaszewska-Darmach

Drugi promotor: dr hab. inż. Katarzyna Błazewska

***Instytut Biochemii Technicznej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 121/173, 90-924 Łódź***

Rab geranylogeranylotransferaza (RGGT) jest enzymem odpowiedzialnym za potranslacyjną modyfikację białek Rab, które są kluczowymi czynnikami zaangażowanymi w regulację wewnątrzkomórkowego transportu pęcherzykowego. W pełni funkcjonalne białka Rab muszą ulec pojedynczej lub podwójnej geranylogeranylacji. Dzięki tej potranslacyjnej modyfikacji mogą zostać zakotwiczone w odpowiedniej błonie, gdzie będą mogły pełnić swoją rolę. Stwierdzono, że defekty w procesie prenylacji mogą prowadzić do rozwoju wielu chorób, np. nowotworowych czy neurologicznych. Jednym ze sposobów ograniczenia niekorzystnego działania białek Rab jest inhibicja aktywności enzymatycznej RGGT. Pierwszymi selektywnymi inhibitorami RGGT były kwasy α -fosfonokarboksylowe (PC), spośród których największą aktywność wykazywały analogi kwasu minodronowego i zoledronowego [1].

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki przeprowadzonych badań dotyczących wytypowania selektywnych inhibitorów RGGT [2,3]. Dokonano analizy aktywności nowo zsyntetyzowanych analogów fosfonokarboksylanów, wywodzących się z dotychczasowo poznanych najaktywniejszych inhibitorów tej klasy, związku 3-IPEHPC oraz F-zolPC. Określono ich wpływ na przeżywalność komórek nowotworowej linii HeLa oraz modulację geranylogeranylacji białka Rab11A. Selektywność związków w stosunku do RGGT określono poprzez ocenę stopnia prenylacji białka Rap1A/Rap1B, którego modyfikację potranslacyjną przeprowadza geranylogeranylotransferaza I.

Wyniki badań biologicznych pozwoliły na zidentyfikowanie nowych inhibitorów RGGT oraz optymalnej pozycji w pierścieniu heterocyklicznym imidazo[1,2-a]pirydyny do dalszych modyfikacji tej klasy związków [2,3].

Finansowanie: Narodowe Centrum Nauki 2014/14/E/ST5/00491.

- [1] F.P. Coxon, Ł. Joachimiak, A.K. Najumudeen, G. Breen, J. Gmach, C. Oetken-Lindholm, R. Way, J.E. Dunford, D. Abankwa, K.M. Błazewska, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2014, 84, 77-89.
- [2] A. Kaźmierczak, Kusy D., Niinivehmas SP., Gmach J., Joachimiak Ł., Pentikäinen OT., Gendaszewska-Darmach E., Błazewska KM., *Journal of Medicinal Chemistry*, 2017, 60, 8781-8800.
- [3] Ł. Joachimiak, A. Marchwicka, E. Gendaszewska-Darmach, K.M Błazewska, *ChemMedChem*, 2018, 13, 842-851.

Wykorzystanie mikroekstrakcji do pojedynczej kropli w oznaczaniu tiolaktonu homocysteiny za pomocą elektroforezy kapilarnej

Krystian Purgat, Izabella Kośka, Paweł Kubalczyk

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

Tiolakton homocysteiny (HTL), wytwarzany w wyniku błędnej reakcji edycji podczas biosyntezy białek, jest chemicznie reaktywnym wewnątrzcząsteczkowym tioestrem. HTL tworzy wiązania izopeptydowe z grupami aminowymi białka lizyny upośledzając lub zmieniając jego funkcję biologiczną. Obecność HTL w organizmie człowieka, zwłaszcza w podwyższonych stężeniach, może być związana z rozwojem chorób sercowo-naczyniowych lub neurodegeneracyjnych [1]. Ponieważ większość toksycznego HTL jest wydalana z moczem, głównie ten płyn fizjologiczny jest wykorzystywany do ilościowego oznaczania HTL. W moczu stężenie HTL może wahać się od 10-500 nmol/L [1]. Techniki ekstrakcyjne są stosowane do oczyszczania próbek, rozdzielania analitów, a także ich zatężania. Jednakże niektóre z nich, np. ekstrakcja ciecz-ciecz, posiadają istotne wady, tj. duże zużycie potencjalnie toksycznych rozpuszczalników organicznych, są one żmudne i czasochłonne [2]. W celu zminimalizowania tych wad opracowuje się nowe techniki ekstrakcyjne, które są tańsze i bardziej przyjazne środowisku, takie jak mikroekstrakcja do pojedynczej kropli (SDME). SDME umożliwia oczyszczanie próbki, redukuje zużycie toksycznych rozpuszczalników organicznych i charakteryzuje się wysokim współczynnikiem wzbogacania. Do jej wykonania nie ma konieczności stosowania wyspecjalizowanego sprzętu [3]. Dzięki powyższym zaletom, SDME jest bardzo pomocna w przygotowaniu próbek biologicznych, np. moczu, ponieważ tego typu płyny biologiczne składają się z wielu związków, które mogą mieć negatywny wpływ na proces rozdzielania analitów od matrycy próbki.

Badania w prezentowanej pracy dotyczyły opracowania analitycznej procedury oznaczania HTL w moczu człowieka z wykorzystaniem SDME. Separację prowadzono z wykorzystaniem standardowej kwarcowej kapilary (długość efektywna 55,5 cm, średnica wewnętrzna 75 µm), buforu fosforanowego o stężeniu 0,1 mol/L i pH 4,75, napięcia 21 kV, temperatury kapilary 23°C oraz detekcji UV przy analitycznej długości fali 240 nm. Wykonana krzywa kalibracyjna w zakresie stężeń 220-500 nmol/L moczu wykazała liniowość, natomiast metoda charakteryzowała się zadowalającą precyzją (<15% RSD) i dokładnością (85-115%). Wyznaczona granica oznaczalności metody wynosi 220 nmol/L moczu.

Praca została wsparta finansowo przez Uniwersytet Łódzki, nr grantu: B1811100000234.01.

[1] H. Jakubowski, R. Głowacki, *Advances in Clinical Chemistry* 2011, 55, 81-103.

[2] A. Juan-García, Y. Picó, G. Font, *J. Chromatogr. A* 1073 (2005) 229-236.

[3] Z.A. AlOthmana, M. Dawod, J. Kimb, D.S. Chung, *Anal. Chim. Acta* 739 (2012) 14-24.

Synteza poliuretanowych (PU), termoizolacyjnych materiałów porowatych**Sylvia Członka**

Promotor: dr hab. inż. Krzysztof Strzelec, prof. PŁ; prof. Massimo Bertino

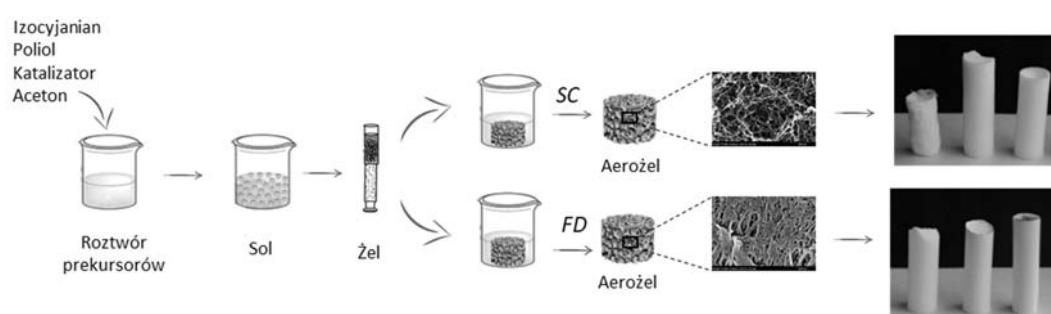
Opiekun: dr inż. Anna Strąkowska

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

Współcześnie poliuretany (PU) są jednymi z najczęściej stosowanych tworzyw sztucznych na świecie. Spośród licznych grup materiałów poliuretanowych największym zainteresowaniem cieszą się produkty o strukturze porowatej – pianki oraz aerozele.

Wykazano, że zmniejszenie kruchości materiałów, poprawę stabilności wymiarowej i wytrzymałości mechanicznej można osiągnąć poprzez dodatek odpowiednich modyfikatorów składu. Wykazano, że dodatek wybranych silseskwioksanów (w tym, Aminopropylisobutyl-POSS (AP-POSS), trisilanoisobutyl-POSS (TS-POSS) i octa(3-hydroxy-3-methylbutyldimethylsiloxy-POSS (OH-POSS)) prowadzi do otrzymania materiałów o polepszonych właściwościach mechanicznych oraz termicznych [1]. Otrzymane kompozyty odznaczają się dobrymi właściwościami użytkowymi, w tym m.in., niską przewodnością cieplną (0.026-0.030 W/mK), jak również niską nasiąkliwością wody (do 10-13%) oraz dobrą stabilnością kształtu w warunkach podwyższonej temperatury i wilgotności powietrza (poniżej 3%).

Doskonałe właściwości mechaniczne i termiczne materiałów poliuretanowych można również uzyskać, stosując opatentowaną metodę suszenia w nadkrytycznym dwutlenku węgla (SC) oraz metodę liofilizacji (FD). Otrzymane w ten sposób aerozele poliuretanowe charakteryzują się małą gęstością (0.128-0.221 g/cm³), dużą powierzchnią właściwą (113-179 m²/g) oraz dużą objętością porów (0.593-1.040 cm³/g). Aerozele poliuretanowo otrzymane metodą SC oraz FD, wykazują niskie przewodnictwo cieplne (0.026-0.033 W/mK) oraz dobrą wytrzymałość mechaniczną (moduł Young'a 6.5-15.6 Mpa) [2].



- [1] S. Członka, A. Strąkowska, K. Strzelec, et al (2019) Composites of Rigid Polyurethane Foams Reinforced with POSS. *Polymers (Basel)* 11:336 . doi: 10.3390/polym11020336.
- [2] S. Członka, M.F. Bertino, J. Kośny, N. Shukla (2018) Freeze-drying method as a new approach to the synthesis of 16 polyurea aerogels from isocyanate and water. *J Sol-Gel SciTechnol* 1–11 . doi: 10.1007/s10971-018-4769-9.

Wpływ stałego pola magnetycznego na osadzanie ferromagnetyków i diamagnetyków

Karina Kołodziejczyk

Promotor: dr hab. inż. Marek Zieliński, prof. UŁ

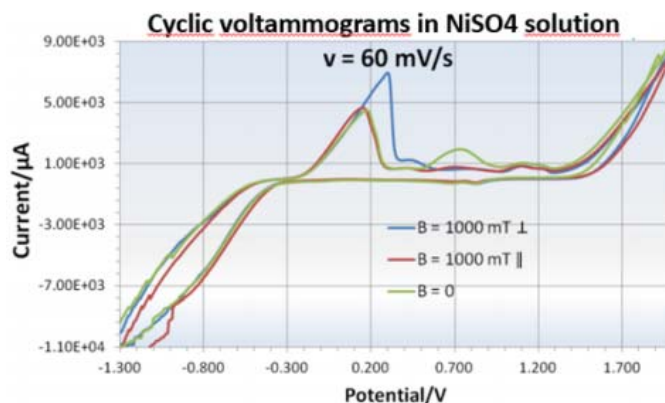
Opiekun: dr Ewa Miękoś

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

Zarówno nikiel (ferromagnetyk) jak i miedź (diamagnetyk) są metalami szeroko wykorzystywanymi w przemyśle. Warstwy niklu osadzane na stali powodują zwiększanie jej odporności na korozję, mogą również spełniać funkcje dekoracyjne. Znacznie szersze jest zastosowanie miedzi – jej właściwości elektryczne pozwalają na wykorzystanie jej w urządzeniach elektrycznych.

Elektrochemiczne osadzanie metali to metoda wykorzystywana w przemyśle na dużą skalę. Osadzanie metali może przebiegać szybciej i efektywniej, jeśli jest prowadzone w stałym polu magnetycznym [1].

Badania wpływu stałego pola magnetycznego na osadzanie niklu i miedzi prowadzone były na złotej elektrodzie dyskowej w stałym polu magnetycznym do 1000 mT oraz bez udziału pola magnetycznego. Stosowano dwa różne kierunki wektora indukcji magnetycznej względem powierzchni elektrody. Procesy elektrochemiczne były badane metodą woltamperometrii cyklicznej.



Rys. 1. Woltamperogramy cykliczne roztworu NiSO₄ w stałym polu magnetycznym i bez jego udziału

[1] M. Zieliński, Materials Chemistry and Physics 141 (2013) 370-377.

Zwiększenie wydajności fosforescencyjnych OLEDów poprzez zastosowanie dodatkowej domieszki TADFu

mgr inż. Ewelina Witkowska

Promotor: dr hab. inż. Ireneusz Głowacki

Promotor pomocniczy: dr inż. Gabriela Wiosna-Sałyga

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

Organiczne diody elektroluminescencyjne (z ang. *Organic Light Emitting Diodes*) (OLEDy) stały się atrakcyjne głównie ze względu na możliwość zastosowania ich w produkcji wyświetlaczy m.in. do telefonów i telewizorów, jak również różnego rodzaju źródeł światła. Wykorzystanie tzw. technik roztworowych pozwala wytwarzać cienkie warstwy emisyjne na dużych powierzchniach, przy bardzo małych stratach materiałów organicznych, co bezpośrednio wpływa na względnie niskie koszty produkcji i jednocześnie ogranicza jej wpływ na środowisko [1]. Warstwa emisyjna powinna charakteryzować się zrównoważonymi właściwościami transportowymi dla dziur i elektronów, wysoką wydajnością luminescencji oraz stabilnością termiczną i optyczną. Niezwykle trudno jest znaleźć jeden materiał, który posiadałby wszystkie opisane powyżej właściwości. Kombinacje odpowiednich matryc z cząsteczkami emiterów, tzw. układy „gospodarz-gość”, umożliwiają poprawę parametrów OLEDów. W takim przypadku występuje przeniesienie ładunku lub/i energii z cząsteczek matrycy na cząsteczki emitera, które są w stanie wydajnie emitować promieniowanie elektromagnetyczne. Jako emitery powszechnie stosowane są materiały fosforescencyjne, ze względu na ich teoretyczną wydajność emisji do 100% [2].

W celu zwiększenia wydajności fosforescencyjnych OLEDów opartych na układach „gospodarz-gość” zastosowano nowe podejście [3]. Jako dodatkową domieszkę pomocniczą wykorzystano materiał charakteryzujący się termicznie opóźnioną fluorescencją (z ang. *Thermally Activated Delayed Fluorescence*) (TADF). Dzięki temu zostało obniżone napięcie włączenia, zwiększona luminancja, ustabilizowany prąd pracy diody i czterokrotnie zwiększona wydajność prądowa OLEDu.

Prezentowane wyniki badań zostały otrzymane podczas stażu naukowego w IMEC w Belgii w ramach projektu ‘Etiuda’ UMO-2017/24/T/ST5/00017(NCN). Opiekunami stażu byli dr Tung-Huei Kei oraz dr Paweł Malinowski z grupy prof. Paula Heremansa.

Praca również częściowo finansowana z FMN W-3D/FMN/47G/2018.

Nowy kompleks Irydu (III) został otrzymany dzięki współpracy z grupą Pana dr hab. Ireneusza Kownackiego z UAM w Poznaniu, w ramach projektu NCN UMO-2013/11/B ST5/01334.

[1] S. Hameed, P. Predeep, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 26, 30–42 (2010).

[2] Y. Kawamura *et al*, *Appl. Phys. Lett.* 86, 071104-1–3 (2005).

[3] H. Nakanotani *et al*, *Nat. Commun.* 5, 1-7 (2014).

Azyny wykazujące efekt wzmocnienia emisji indukowanej agregacją jako fluorescencyjne emitery do zastosować w OLEDach

Karolina Zielonka

Opiekun: dr hab. inż. Ireneusz Głowacki

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

Materiały luminescencyjne swoją niegasnącą popularność na przestrzeni lat zawdzięczają ich dużemu potencjałowi aplikacyjnemu w szeroko pojętej elektronice organicznej, ze szczególnym uwzględnieniem organicznych diod elektroluminescencyjnych (OLED). Niemniej jednak konwencjonalne luminofory wykazują niekorzystne zjawisko jakim jest wygaszanie emisji pod wpływem agregacji. Przyczyną tego efektu są silne, niekwalencyjne oddziaływania π - π pojawiające się między ugrupowaniami aromatycznymi, co skutkuje znaczącym spadkiem luminancji. W przeciwieństwie do wygaszania pod wpływem agregacji, wzmocnienie emisji indukowane agregacją (AIE) może być rozpatrywane jako efekt konstruktywny. AIE odnosi się do grupy związków, które wykazują słabą intensywność emisji, gdy są zdyspergowane w dobrym rozpuszczalniku, natomiast ich właściwości emisyjne znacząco się poprawiają, gdy są w formie zagregowanej (w złym rozpuszczalniku bądź cienkiej warstwie). Jako pierwsi efekt AIE opisali Tang i jego współpracownicy w 2001 roku [1].

W niniejszej pracy, cztery związki wykazujące efekt AIE zostały zsyntezowane oraz są testowane pod względem ich aplikacyjności w OLEDach. Materiały te wykazują śladową emisję, gdy są zdyspergowane w dobrym rozpuszczalniku, np. tetrahydrofuranie (THF). Cechują się natomiast silną emisją w formie stałej (w proszku bądź cienkiej warstwie). Niemniej jednak ich właściwości filmotwórcze poprzez wylewanie na wirujące podłoże nie są zadowalające i należy proces ten poddać optymalizacji. Dodatkowo zostanie podjęta próba wytworzenia urządzeń elektroluminescencyjnych z tymi materiałami zarówno metodą roztworową jak i poprzez naparowywanie próżniowe.

- [1] J. Luo, Z. Xie, J.W.Y. Lam, L. Cheng, B.Z. Tang, H. Chen, C. Qiu, H.S. Kwok, X. Zhan, Y. Liu, D. Zhu, B.Z. Tang *Chemical Communications*, 2001, 18 1740-1741.

STRESZCZENIA WYSTĄPIEŃ MAGISTRANTÓW

**Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa
i Elektrochemia**

Oznaczanie stężenia tanin w układach koloidalnych z wykorzystaniem chromatografii cienkowarstwowej

Aleksandra Duda

Promotor: prof. nadzw. dr hab. Jarosław Grobelny

Opiekun: dr Emilia Tomaszewska

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

Taniny (garbniki roślinne) są związkami posiadającymi właściwości garbujące. Należą do grupy naturalnych polifenoli. To cząsteczki organiczne o masie molowej nawet do 2000 Da, których najbogatszym źródłem są ekstrakty roślinne. Wytwarzane przez rośliny w celu ochrony przed patogenami, taniny posiadają wiele cennych właściwości biologicznych, które można wykorzystać w ochronie zdrowia człowieka. Ze względu na silne właściwości antyoksydacyjne wspomagają walkę ze stresem oksydacyjnym, dzięki czemu znalazły szerokie zastosowanie w medycynie i kosmetyce.

Szczególnymi właściwościami charakteryzuje się kwas taninowy, należący do grupy tanin hydrolizujących. Posiada właściwości garbujące, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne oraz wykazuje działanie ściągające, przez co stosowany jest w celu przyspieszenia gojenia ran. Kwas taninowy posiadający silne właściwości utleniające można wykorzystać w syntezie nanocząstek, w których pełni funkcję reduktora. W ten sposób możliwe jest otrzymanie koniugatów tanin z nanocząstkami metalicznymi, których właściwości będą ściśle zależne od stężenia kwasu taninowego zarówno zaadsorbowanego na powierzchni metalu, jak i w postaci niezwiązanej. W związku z tym konieczne jest wypracowanie procedury umożliwiającej oznaczenie stężenia w układach koloidalnych. W niniejszej pracy została opracowana metoda oznaczania stężenia kwasu taninowego z wykorzystaniem chromatografii cienkowarstwowej. W tym celu dobrano parametry, takie jak: faza ruchoma, faza stacjonarna, czas nasycenia komory chromatograficznej, długość drogi rozwijania chromatogramu oraz metodę detekcji dla badanego roztworu. Wyselekcjonowano układ oznaczający, który charakteryzuje się liniowością w szerokim zakresie stężeń. Zoptymalizowany układ może być w przyszłości wykorzystywany do oznaczenia tanin, jak również stopnia pokrycia powierzchni nanocząstek w układach koloidalnych.

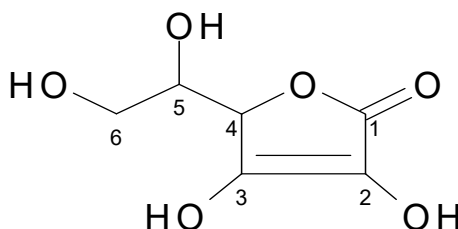
Opracowanie warunków elektroforetycznych do oznaczania witaminy C w preparatach farmaceutycznych

Izabella Kośka

Promotor: Paweł Kubalczyk

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

Witamina C jest związkiem szeroko rozpowszechnionym zarówno u zwierząt, jak i roślin. Często stosowana jest też jako stabilizator do przetwarzania produktów spożywczych w technologii żywności [1]. Kwas askorbinowy (AsCH_2) (rys. 1) jest głównym, biologicznie aktywnym związkiem witaminy C, a jego nazwa pochodzi od właściwości zapobiegania szkorbutowi.



Rys. 1. Wzór strukturalny kwasu L-askorbinowego

AsCH_2 dzięki swoim właściwościom przeciwutleniającym pełni rolę ochronną serca i naczyń krwionośnych. Dowiedzono też, że hamuje markery peroksydacji lipidów oraz posiada potencjał w leczeniu nowotworów i zapobieganiu zachorowań na nie [2]. Wiele osób cierpi na niedobór tego składnika, przez co niezbędna okazuje się jego suplementacja. Oznaczanie witaminy C w preparatach farmaceutycznych jest bardzo ważne w odniesieniu do monitorowania stabilności takich suplementów [3].

Celem badań było opracowanie warunków elektroforetycznych, które umożliwiłyby oznaczanie AsCH_2 w suplementach diety. Dobrano długość kapilary 64,5 cm, jej średnicę 75 μm , stężenie i pH elektrolitu podstawowego: 0,1 M bufor boranowy o pH 8,25, analityczną długość fali detekcji 266 nm, temperaturę kapilary 26°C oraz napięcie 28 kV przykładane w celu rozdzielenia składników analizowanej próbki.

Badania wykonywane w ramach projektu: Studenckie Granty Badawcze; wniosek nr 133.

[1] M. Chiari, M. Nesi, G. Carrea, P.G. Righetti, *Journal of Chromatography* 645 (1993) 197-200.

[2] K. Janda, M. Kasprzak, J. Wolska, *Pomeranian Journal of Life Sciences* 61 (2015) 419-425.

[3] J. Schiewe, Y. Mrestani, R. Neubert, *Journal of Chromatography A* 717 (1995) 255-259.

Kryminalistyczna identyfikacja pomadek do ust z wykorzystaniem techniki chromatografii cienkowarstwowej

Marta Łacka

Promotor: dr Monika Skowron-Jaskólska

Opiekun: dr Sylwia Smarzewska

***Wydział Chemii, Zakład Analizy Instrumentalnej,
Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236, Łódź***

Barwne pomadki do ust są jednymi z najczęściej używanych kosmetyków kolorowych. Za kolor pomadek odpowiedzialne są barwniki zarówno naturalne, np. roślinne flawanoidy, jak i syntetyczne, np. barwniki azowe czy trifenylometanowe. Zawarte w pomadkach oleje oraz woski powodują, że tego rodzaju kosmetyki z łatwością przenoszą się na różnego rodzaju powierzchnie, pozostawiając barwne ślady, które znalezione na miejscu zbrodni stanowią cenne dowody kryminalistyczne. Barwne odciski mogą wiązać podejrzanego z ofiarą, a co za tym idzie wymagają dużej uwagi. Z tego względu ważne jest opracowanie prostych, a zarazem skutecznych metod odróżniania oraz identyfikacji zabezpieczonych próbek przy minimalnym ich uszkodzeniu. Takie możliwości daje chromatografia cienkowarstwowa (Thin Layer Chromatography, TLC), która jest wykorzystywana do rozdzielania mieszanin na poszczególne składniki. Technika ta pozwala na rozróżnienie niewielkich ilości pobranego materiału, nie wymaga dużych nakładów finansowych przy niewielkim wkładzie pracy.

Chromatografia cienkowarstwowa pozwala na określenie różnych wartości współczynnika opóźnienia (R_f), dla każdego ze składników zawartych w pomadkach, dzięki czemu jesteśmy w stanie porównać materiał pobrany z miejsca zdarzenia z wzorcami.

Projekt został zrealizowany w ramach Studenckich Grantów Badawczych.

Elektroforeza żelowa do oznaczania stopnia pokrycia nanocząstek złota modyfikowanych jednocześnie katalazą i dysmutazą ponadtlenkową

Natalia Mańkowska

Promotor: dr Katarzyna Ranoszek-Soliwoda

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

Elektroforeza żelowa jest powszechnie stosowaną techniką w praktyce laboratoryjnej, która umożliwia rozdzielanie oraz analizę białek. Technika ta może również być wykorzystana do określenia stopnia pokrycia nanocząstek białkami, poprzez ilościową analizę wolnego i zaadsorbowanego białka na ich powierzchni.

Przedmiotem pracy jest oznaczenie stopnia pokrycia nanocząstek złota modyfikowanych jednocześnie katalazą i dysmutazą ponadtlenkową z wykorzystaniem elektroforezy żelowej. Nanocząstki złota o rozmiarze 13nm otrzymano metodą redukcji chemicznej i zmodyfikowano za pomocą katalazy (AuNPs-CAT) i dysmutazy ponadtlenkowej (AuNPs-SOD). Modyfikację prowadzono w różnych warunkach. Roztwory białek przygotowano (a) w roztworze wodnym (b) w buforze-HEPESie (c) w roztworze cytrynianu sodu w celu uzyskania jak największej stabilności białka. Elektroforezę żelową przeprowadzono w różnych warunkach w celu znalezienia optymalnych parametrów dla określenia stopnia pokrycia AuNPs jednocześnie CAT i SOD.

Wyniki prac eksperymentalnych wyraźnie wskazują, że SOD ma większe powinowactwo do AuNPs niż CAT (w przypadku gdy AuNPs modyfikujemy roztworem białek CAT i SOD), natomiast białko przyłączone w pierwszym etapie modyfikacji nie zostaje wyparte przez białko dodane w drugim etapie modyfikacji.

Modyfikowane elektrody z węgla szklanego (GCE) jako czujniki w woltamperometrycznym oznaczaniu nitroksynilu

Aleksandra Orłowska

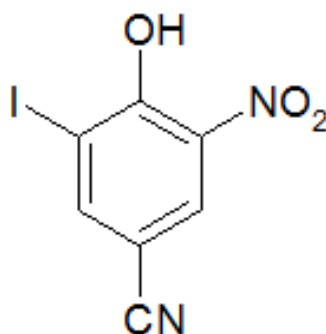
Promotor: dr hab. Sławomira Skrzypek, prof. UŁ

Opiekun: mgr Karolina Sipa

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

Wykorzystanie materiałów węglowych do modyfikacji powierzchni elektrod ma na celu polepszenie właściwości elektrody podczas ilościowego oznaczania związków biologicznie czynnych. Zastosowanie nanomateriałów jako modyfikatorów może mieć duży wpływ na parametry takie jak: czułość, selektywność, granicę wykrywalności i oznaczalności.

Obiektem moich badań był nitroksynil (rys. 1), należący do grupy halogenowanych fenoli. Jest to lek weterynaryjny stosowany w zakażeniach pasożytniczych, szczególnie w zwalczaniu motylicy wątrobowej i niektórych nicieni.



Rys. 1. Struktura chemiczna nitroksynilu

Celem pracy było opracowanie metody ilościowego oznaczania nitroksynilu za pomocą techniki woltamperometrii fali prostokątnej (SWV) z wykorzystaniem elektrody z węgla szklanego (GCE) modyfikowanej powierzchniowo nanomateriałami węglowymi, takimi jak: funkcjonalizowany grafen (fG), jednościenne (SWCNTs) i wielościenne (MWCNTs) nanorurki węglowe, nanorogi węglowe (CNHs) oraz grafenowe kropki kwantowe (GQDs). Stosowanym elektrolitem podstawowym był bufor Brittona-Robinsona o pH 2.0. W wyniku prowadzonych badań zoptymalizowano parametry techniki SWV (amplitudę, częstotliwość i krok potencjału). Wyznaczono liniowe zależności natężenia prądu pikowego od stężenia nitroksynilu oraz obliczono granicę wykrywalności (LOD) i oznaczalności (LOQ) dla każdej elektrody (fG-GCE, SWCNTs-GCE, MWCNTs-GCE, CNHs-GCE, GQDs-GCE). We wszystkich przypadkach wartości prądów pikowych wzrastały liniowo wraz ze stężeniem leku w dwóch zakresach stężeń.

Badania finansowane z dotacji celowej Uniwersytetu Łódzkiego dla młodych naukowców, projekt nr B1811100001859.02.

Analiza składu rudy darniowej występującej we wsi Popielawy i ocena jej przydatności jako potencjalnego sorbentu naturalnego i modyfikowanego

inż. Kamila Płacheta

Promotor i opiekun: dr inż. Andrzej Żarczyński

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

Przez stulecia rudy darniowe były stosowane jako drugorzędny surowiec do wytopu żelaza oraz specyficzny kamień budowlany przy wznoszeniu obwarowań, pałaców i kościołów.

W ostatnich kilkudziesięciu latach dostrzeżono przydatność rud darniowych jako sorbentu siarkowodoru (H_2S) do oczyszczania biogazu i odgazów przemysłowych [1]. Aktualnie w Polsce i wielu krajach świata rośnie znaczenie rud darniowych w procesach oczyszczania biogazu – jednego z odnawialnych źródeł energii (OZE). Produkcja tego paliwa umożliwia zagospodarowanie odpadowej biomasy z rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego, bioodpadów komunalnych oraz osadów ściekowych. Usuwanie H_2S z biogazu jest konieczne, bowiem podczas spalania gaz ten powoduje korozję urządzeń wytwarzających energię elektryczną i ciepłą, a także zanieczyszczenie atmosfery ditlenkiem siarki [2-4].

Celem doświadczeń było zbadanie właściwości i ocena przydatności trzech prób rudy darniowej występującej w miejscowości Popielawy (Gmina Rokiciny, województwo łódzkie), a także czterech produktów jej własnej modyfikacji chemikaliami ($FeCl_3$, KOH , Na_2CO_3 i ZnO). Do charakterystyki stanu powierzchni prób badanych sorbentów stosowano rentgenowską dyfraktometrię proszkową (XRPD), niskotemperaturową adsorpcję/desorpcję azotu (BET) i skaningową mikroskopię elektronową z przystawką do mikroanalizy rentgenowskiej (SEM-EDS) [4]. Analizy składu rud wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), po uprzednim roztworzeniu prób sorbentów w wodzie królewskiej.

Badania wykazały obecność w rudzie naturalnej i modyfikowanej tlenków żelaza, głównie getyту ($FeO(OH)$), ditlenku krzemu (SiO_2), tritlenku glinu (Al_2O_3) oraz śladów manganu, wapnia i węgla. W rudach modyfikowanych obecne były także składniki użyte do procesu i produkty reakcji, np. chlorek potasu (KCl). Stwierdzono, że ruda naturalna i produkty jej modyfikacji mają teksturę powierzchni (BET) wymaganą od sorbentów przemysłowych oraz wykazują właściwości sorpcyjne względem H_2S .

[1] T. Ratajczak, G. Rzepa, *Polskie rudy darniowe*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2011.

[2] E. Kociołek-Belawejder, Ł. Wilk, *Przem. Chem.*, 90(3), 389-397, 2011.

[3] A. Żarczyński, K. Rosiak, P. Anielak, W. Wolf, *Acta Innovations*, 12, 24-34, 2014.

[4] M.I. Szykowska (red.), J. Zwoździak (red.), *Współczesna problematyka odorów*, WNT, Warszawa 2010.

Zastosowanie elektrody złotej modyfikowanej 1'-ferrocenyl-furan-2-yl-metanotionem do elektrokatalitycznego oznaczania azotanów(III)

Magdalena Wachulec

Promotor: dr Sławomir Domagała

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

Związki zawierające jony azotanowe(III) występują w konserwantach żywności, nawozach, inhibitorach korozji, detergentach oraz ściekach przemysłowych. Azotany(III) reagując z aminami mogą tworzyć nitrozoaminy, które to są toksyczne i rakotwórcze. Duże stężenie azotanów(III) w organizmie ludzkim zwiększa możliwość nieodwracalnego utleniania hemoglobiny do methemoglobiny. Z tego względu istotnym wydaje się opracowanie nowych metod detekcji oraz ilościowego oznaczania tych związków. Ze względu na fakt, iż związki te wykazują właściwości redoks zasadne wydaje się zastosowanie metod elektrochemicznych z użyciem chemicznie modyfikowanych elektrod, pozwalających na uzyskanie niższych wartości limitów wykrywalności oraz większej selektywności.

Celem pracy było opracowanie sposobu modyfikacji elektrody złotej nowo otrzymaną ferrocenylową pochodną tioketonu -1'-ferrocenyl-furan-2-yl-metanotionem i zastosowanie jej w procesach elektrokatalitycznego ilościowego oznaczania azotanów(III) za pomocą woltamperometrii cyklicznej (CV) i woltamperometrii fali prostokątnej (SWV).

Sygnał analityczny pochodzący od azotanu(III) sodu zarejestrowano przy potencjale +0,802 V (vs. SCE). Optymalizacji poddano takie parametry pomiarów jak: amplituda, częstotliwość i krok potencjału. Wyznaczono liniową zależność prądów pików od stężenia badanej substancji (LDR), a także granicę wykrywalności (LOD) i granicę oznaczalności (LOQ). Na krzywych woltamperometrycznych zaobserwowano wzrost wartości natężenia prądu pików anodowego dla procesu utleniania azotanu(III) sodu w obecności ferrocenylotioketonu unieruchomionego na powierzchni złota, co potwierdza katalityczne właściwości mediatora.

Pomiary spektrofotometryczne wykazały znaczny wzrost wartości absorpcji elektROUTLENIANYCH roztworów azotanu(III) sodu na elektrodzie modyfikowanej.

Magdalena Wachulec dziękuje za finansowanie badań w ramach Studenckich Grantów Badawczych na Uniwersytecie Łódzkim, 2018, oraz Panu Profesorowi dr hab. Grzegorzowi Mlostoniowi i Pani dr Róży Hamerze-Fałdydze z Katedry Chemii Organicznej i Stosowanej, Wydziału Chemii UŁ, za zsyntezowanie i udostępnienie ferrocenowej pochodnej metanotionu.

Analiza składu i ocena jakości wód z wybranych źródeł oraz studni w województwie łódzkim

inż. Grzegorz Wągrowski

Promotor i opiekun: dr inż. Andrzej Żarczyński

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

Pomimo ciągłej rozbudowy sieci wodociągowej w kraju, nadal nie wszystkie budynki mieszkalne są do niej podłączone. Ponadto przesłanki ekonomiczne, jak np. nie ponoszenie opłaty za wodę, motywuje część mieszkańców do korzystania ze studni własnych bądź publicznych, wykonanych jako kopane lub wiercone. W Polsce tylko ułamek procenta ludzi korzysta z wody źródlanej, najczęściej nie poddawanej uzdatnianiu poza jej gotowaniem.

Celem pracy była ocena metodą trzykrotnej analizy jakości fizykochemicznej wód źródłanych (3 źródła: Wardzyń 1, Wardzyń 2 i Jasień), studziennych (4 ujęcia: Justynów, Popielawy, Czechy i Zduńska Wola) oraz wody wodociągowej (Łódź – PŁ), uwzględniająca większość wskaźników jakości wód zawartych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. 2017, poz. 2294. Scharakteryzowałem badane źródła oraz miejsca poboru wody studziennej, stosownie do standardowych wymagań. Analizy wód wykonałem stosując uznane metody jej badań.

Analizy wykazały, że wody źródlane oraz studzienne z ujęć we wsi Czechy i mieście Zduńska Wola spełniają kryteria wody do picia pod warunkiem jej przegotowania i z takim zamiarem są pobierane przez mieszkańców. Z przyczyn technicznych nie badałem w tych wodach zawartości wskaźników mikrobiologicznych, toteż nie mogę ich rekomendować na podstawie wykonanych analiz do bezpośredniego spożycia. Z wywiadu wśród ludności wynika, że wody ze źródła w Jasieniu są od dziesięcioleci pobierane do celów konsumpcyjnych. W związku z tym miejsce ich wypływu znajdujące się w dolinie rzeki Mrogi na terenie lesistym należałoby zabezpieczyć przed zanieczyszczeniem biomasą i spływami wód opadowych. Z informacji od mieszkańców Wardzyna wynika, że niewielkie ilości wody z tutejszych źródeł są okresowo pobierane dla celów gospodarczych (pojenie zwierząt), a w przeszłości także konsumpcyjnych. Miejsca występowania źródeł w Wardzynie na gruntach gminy Brójce korzystnie byłoby zagospodarować w formie niewielkiego rezerwatu przyrody.

Wody studzienne z ujęć we wsiach Justynów oraz Popielawy miały ponadnormatywną mętność i zawartość żelaza. Ponadto w próbach wody ze studni w Popielawach przekroczona była zawartość manganu, ale w przeszłości wykonana jej analiza mikrobiologiczna nie wykazała zagrożeń dla konsumentów. Wody z tych studni nie są stosowane do celów spożywczych przez ludzi, ale wykorzystywane do podlewania upraw w ogrodzie (Justynów) oraz pojenia zwierząt gospodarczych (Popielawy). W drugim przypadku zalecam zainstalowanie filtra do odżelaziania i odmanganiania tej wody.

Elektrochemiczne badania antybiotyku weterynaryjnego na elektrodzie z węgla szklanego

Patrycja Andrzejczak

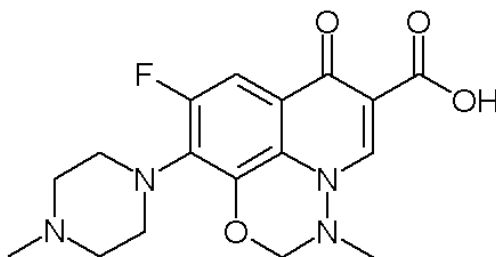
Promotor: prof. nadzw. dr hab. Sławomira Skrzypek

Opiekun: mgr Konrad Rudnicki

**Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,
Zakład Elektroanalizy i Elektrochemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź
p.andrzejczak5@gmail.com**

Marbofloksacyna (*Mar*, rys 1.) to antybiotyk weterynaryjny należący do grupy fluorochinolonów, który znalazł zastosowanie w medycynie weterynaryjnej jako lek zwalczający choroby układu oddechowego, a także infekcje dróg moczowych u bydła i świń. Lek wykazuje szerokie spektrum działania *in vitro* wobec bakterii gram-dodatnich, gram-ujemnych i mikoplazmy. Mechanizm jego działania polega na zahamowaniu enzymów replikacji bakterii: gyrazy DNA i topoizomerazy.

W przedstawionej pracy *Mar* zbadano po raz pierwszy techniką woltamperometrii fali prostokątnej (SWV) przy użyciu elektrody z węgla szklanego modyfikowanej powierzchniowo wielościennymi nanorurkami węglowymi (MWCNTs-GCE). Jako elektrolit podstawowy do badań wybrano bufor Brittona-Robinsona, pH = 5.0. Sygnał analityczny pochodzący od badanego związku zarejestrowano przy potencjale około + 1.0 V (vs.Ag/AgCl/Cl⁻; 3.0 M). Optymalizacji podano takie parametry techniki jak: amplituda, częstotliwość i krok potencjału, a także wyznaczono liniową zależność prądów pików od stężenia badanej substancji (LDR).



Rys. 1. Wzór strukturalny Marbofloksacyny

Badania finansowane z dotacji Studencki Grant Badawczy 2018, projekt nr 54.

- [1] D.C. Hooper., Mechanisms of fluoroquinolone resistance. *Drug Resistance Updates* 2 (1999), 38-55.
- [2] A. Madej, A. Dziedzic, *Fluorochinolony. Bezpieczeństwo terapii*, „Państwo i społeczeństwo” nr 4, 2017, 125-132.

Oznaczanie elektrochemiczne wybranego pestycydu na elektrodzie z węgla szklanego

Marta Bujanowska

Promotor: dr Andrzej Leniart

Opiekun: dr Andrzej Leniart

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

Oznaczanie elektrochemiczne związków organicznych opiera się głównie na technikach woltamperometrycznych. Techniki te polegają na pomiarze natężenia prądu przepływającego przez elektrodę w funkcji przyłożonego do niej potencjału. W klasycznym trójelektrodowym układzie pomiarowym wyróżnia się następujące elektrody: elektrodę pracującą, elektrodę odniesienia, elektrodę pomocniczą. Najczęściej wykorzystywanymi technikami woltamperometrycznymi są woltamperometria cykliczna (Cycling Voltammetry, CV) służąca do badań mechanizmów reakcji oraz woltamperometria fali prostokątnej (Square Wave Voltammetry, SWV) stosowana do ilościowego oznaczania substancji.

Środki o działaniu grzybobójczym to związki chemiczne powszechnie stosowane w uprawach roślin i ich przechowywaniu. Należy pamiętać jednak, że ich nadmierne stosowanie powoduje wyraźny wzrost ich stężenia w środowisku. Większa obecność tych związków wpływa toksycznie na organizmy żywe, dlatego też zachodzi konieczność ciągłej kontroli ich stężenia w glebie, wodzie jak i produktach żywnościowych. Jednym z powszechnie stosowanych pestycydów jest związek o nazwie *Boscalid*. Związek ten jest aktywny wobec szerokiego zakresu patogenów grzybowych. Ze względu na to znalazł on zastosowanie w ochronie szerokiej gamie upraw, w tym owoców, warzyw oraz roślin ozdobnych. Podstawowym celem przeprowadzonych badań było opracowanie całościowej procedury elektrochemicznego oznaczania związku grzybobójczego – *Boscalidu* na elektrodzie z węgla szklanego.

W badaniach wykorzystano technikę woltamperometrii cyklicznej oraz woltamperometrii fali prostokątnej. Badania analityczne dotyczyły doboru środowiska reakcji (optymalnego składu elektrolitu podstawowego i pH) oraz optymalizacji parametrów pomiarowych SWV takich jak: częstotliwość, krok potencjału, amplituda, potencjał startowy i końcowy. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono zakres liniowości oraz granicę wykrywalności i oznaczalności. Dodatkowo przeprowadzono charakterystykę topograficzną powierzchni używanej elektrody GC za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM).

Kinetyka procesów elektrodowych w polimerach pochodzących od kompleksu ($\pm$)-trans-N,N'-bis(salicylideno)-1,2-cykloheksanodiaminaniekiel(II) i jego pochodnych

Marta Ciepluch

Promotor: Danuta Tomczyk

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

Kompleksy niklu z salenem i jego pochodnymi w warunkach prądowych ulegają polimeryzacji. Elektrody modyfikowane takimi polimerami znajdują zastosowanie w katalizie reakcji utleniania lub redukcji [1,2]. Celem przedstawionych badań jest zbadanie wpływu elektrolitu podstawowego na kinetykę procesów elektrodowych zachodzących w polimerach pochodzących od kompleksu ($\pm$)-trans-N,N'-bis(salicylideno)-1,2-cykloheksanodiaminaniekiel(II) ([Ni(salch)]) w acetonitrylu. Modyfikację elektrod prowadziłam w czterech różnych roztworach elektrolitów podstawowych w AN. W wyniku tego procesu otrzymałam żółte filmy polimerowe.

Polimery kompleksów w warunkach optymalnej kinetyki utleniają się dwuetapowo. Miarą kinetyki procesów elektrodowych są współczynniki dyfuzji. Badania kinetyczne metodą cyklicznej woltamperometrii wykazały, że wraz ze wzrostem grubości filmów polimerowych szybkość, od której obserwuje się jednoetapowy proces anodowy jest coraz niższa. Wskazuje to na postępujące utrudnienia w transporcie masy. Ograniczenia kinetyczne widać także na podstawie prądów pików. Im większe ograniczenia tym przyrosty prądów pików wraz ze wzrostem szybkości są coraz mniejsze. Procesy modyfikacji elektrod metodą kontrolowałam również w oparciu o badania na mikrowadze kwarcowej. Metoda ta umożliwia określenie masy osadzanej na powierzchni elektrody. Masa jonów i rozpuszczalnika transportowanych w film zaczyna wzrastać od potencjału utleniania polimeru, co widać na podstawie zmniejszania się częstotliwości. Podczas procesów anodowych, malejąca wraz ze wzrostem grubości filmów częstotliwość wskazuje na wzrost transportowanej masy jonów w filmy. Dla grubszych filmów, otrzymanych w wyniku więcej niż pięciu cykli polimeryzacyjnych, wzrost wielkości transportowanej masy ulega wyraźnemu ograniczeniu, co potwierdza ograniczenia w transporcie ładunku przez te filmy. Optymalna kinetyka dla filmów otrzymanych w wyniku 3-5 cykli elektropolimeryzacyjnych predestynuje te filmy do zastosowań elektrokatalitycznych.

[1] E.R. Wagoner, C.P. Baumberger, B.H.R. Gerroll, D.G. Peters, *Electrochim. Acta*, 2014, 132, 545-556.

[2] P.G. Cozzi, *Chem. Soc. Rev.*, 2004, 33, 410-432.

Rozdzielanie jonów metali w roztworach za pomocą wymiany jonowej i elektrolizy jako propozycje ćwiczeń laboratoryjnych dla studentów chemii

Izabela Kleśta

Promotor: dr Bożena Chmielewska-Bojarska

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

Wymiana jonowa i elektroliza to proste metody stosowane do rozdzielania jonów metali w roztworze. Wymiana jonowa to proces, w którym jony z roztworu zostają wymienione na jony tego samego znaku pochodzące z jonitu (kationitu lub anionitu). Odpowiednio dobrane warunki pozwalają na ilościowe wymycie jonów różnych pierwiastków w odpowiedniej kolejności.

Elektrolizę wykorzystuje się do selektywnego wydzielania jednego metalu z mieszaniny wielu jonów metali lub oznaczania kilku metali obok siebie. Możliwe jest to dzięki różnicy potencjałów wydzielania odpowiednich pierwiastków. Produkty rozdzielania oznacza się wagowo lub objętościowo.

Celem pracy jest dobranie ciekawych, bezpiecznych i powtarzalnych metod rozdzielania jonów metali, które mogą być zastosowane na zajęciach dydaktycznych dla studentów kierunków chemicznych. Ze względu na charakter dydaktyczny pracy zajęto się: analizą, badaniem i udoskonaleniem rozdzielania jonów metali za pomocą wymiany jonowej i elektrolizy.

W pracy podjęto próby wymiany jonowej na anionicie, gdzie celem było rozdzielenie jonów niklu i cynku oraz na kationicie, gdzie rozdzielano jony miedzi i cynku, a następnie ich oznaczenie za pomocą miareczkowania kompleksometrycznego. Stosowano różne warunki wymiany, m.in. wysokości złoza, objętości nanoszonych próbek, szybkości wymywania jonów oraz różne warunki oznaczania kompleksometrycznego: zobojętnianie roztworów jonów niklu i cynku przed miareczkowaniem stałym wodorotlenkiem sodu lub jego roztworem, odparowanie próbki jonów niklu. Próba rozdzielnia rozdzielania jonów niklu i cynku na anionicie powiodła się i opracowano odpowiednią instrukcję, natomiast rozdzielnie jonów miedzi i cynku nie dało zadowalających rezultatów.

Kolejne próby dotyczyły elektrolitycznego rozdzielania jonów miedzi i niklu oraz miedzi i cynku. Również dobierano odpowiednie warunki rozdzielania, gdzie stosowano jako depolaryzator azotan(V)potasu i amonu oraz oznaczenia metali po rozdzieleniu. Obie próby elektrolitycznego rozdzielania jonów się powiodły i opracowano do nich instrukcje.

Zastosowanie elektrody pastowej na bazie grafitu w elektroanalizie

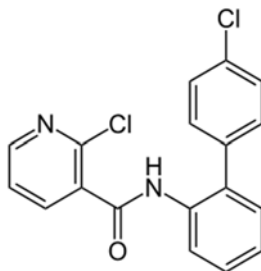
Wioleta Składowska

Promotor: dr Andrzej Leniart

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

Pastowe elektrody węglowe są powszechnie używane w oznaczeniach woltamperometrycznych [1, 2]. Możliwość zastosowania ich w szerokim zakresie potencjałów powoduje, że elektrody te mogą być wykorzystywane do badań związków organicznych, nieorganicznych i metali.

Głównym celem badań było opracowanie metodyki elektrochemicznego oznaczania Boskalidu przy użyciu pastowej elektrody grafitowej i techniki woltamperometrii fali prostokątnej (SWV). Materiałem badawczym był Boskalid – pestycyd należący do grupy fungicydów (rys. 1). Ma on szerokie zastosowanie w zwalczaniu grzybów atakujących rośliny. Substancja ta może być stosowana na owocach tj. jagody, truskawki, winogrona oraz warzywach bulwiastych i kapustnych.



Rys. 1. Wzór strukturalny Boskalidu (2-chloro-N-(4'-chlorobifenyl-2-ylo)-nikotynamid)

Pierwszy etap badań obejmował przygotowanie pastowej elektrody grafitowej oraz jej charakterystykę topograficzną wykonaną za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM) i charakterystykę elektrochemiczną z zastosowaniem techniki woltamperometrii cyklicznej (CVC). Kolejnym krokiem był dobór środowiska reakcji i optymalizacja parametrów pomiarowych typowych dla techniki SWV, czyli częstotliwości (f), amplitudy (ΔE_{step}) i kroku potencjału (E_{step}). Ostatnim etapem było wyznaczenie zakresu liniowości, granicy wykrywalności i oznaczalności oraz oznaczenie pestycydu w próbce środowiskowej.

Badania współfinansowane w ramach studenckiego grantu badawczego Uniwersytetu Łódzkiego nr 184/2019.

[1] I. Švancara, K. Kalcher, A. Walcarius, K. Vytras, *Electroanalysis with Carbon Paste Electrodes*, CRC Press Taylor & Francis Group, New York 2012.

[2] I. Švancara and K. Schachl. *Testing of unmodified carbon paste electrodes*. Chem. Listy 1999, 93, 490-499.

Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego do elektrochemicznego oznaczania mandipropamidu

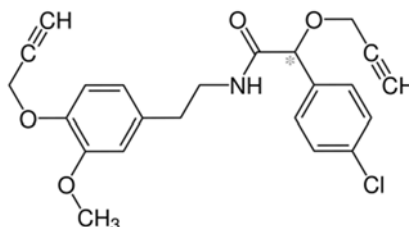
Ewelina Skowron

Promotor: dr Sylwia Smarzewska

Opiekunowie: dr Sylwia Smarzewska, mgr Natalia Festinger

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

Mandipropamid (4-chloro-N-[2-[3-metoksy-4-(2-propynyloksy)fenyl]etyl]- α -(2propynyloksy)-benzenoacetamid, (rys. 1) to pestycyd zaliczany do amidów kwasów karboksylowych. Mandipropamid charakteryzuje się właściwościami grzybobójczymi. Mandipropamid znalazł szerokie zastosowanie w ochronie upraw roślin, m.in. w walce z zarzą ziemniaka i pomidora czy mączniakiem rzekomym winogron, sałaty oraz tytoniu [1-3].



Rys. 1 Wzór strukturalny mandipropamidu

Celem badań było sprawdzenie możliwości zastosowania elektrody z grafitu pirolitycznego EPPGE do elektrochemicznego oznaczania pestycydu mandipropamid. W toku badań optymalizacji poddano rodzaj i pH elektrolitu podstawowego, a także parametry techniki woltamperometrii fali prostokątnej z zatężaniem (SWSV). Dokonując wyboru kierowano się kształtem i wysokością sygnału mandipropamid. Następnie, wyznaczono zakres liniowej zależności natężenia prądu pikowego w funkcji wzrastającego stężenia mandipropamid. Na jej podstawie wyliczono granicę wykrywalności (LOD) oraz granicę oznaczalności (LOQ). Opracowaną metodę analityczną z powodzeniem zastosowano do analizy próbek środowiskowych z dodatkiem analitu.

- [1] K.L. Jackson, J. Yin, P. Ji; *Plant Disease*, 96, 1337 (2012).
- [2] Y. Cohen, E. Rubin, T. Hadad, D. Gotlieb, H. Sierotzki, U. Gisi; *Plant Pathology*, 56, 836 (2007).
- [3] H. Wang, S. Yang, M. Wang, H. Xia, W. Li, H. Zhang, Y. Cao, N. Lu, S. Shang, J. Shi; *Crop Protection*, 43, 251 (2013).

Oznaczanie efedryny technikami woltamperometrycznymi na elektrodach modyfikowanych przewodzącymi kompozytami na bazie PEDOT

Agata Stasiak

Promotor: dr Paweł Krzyczmonik

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

Praca przedstawia wyniki badań nad właściwościami elektrochemicznymi elektrod z węgla szklanego modyfikowanymi przewodzącymi kompozytami poli-(3,4-dietylodiotoksyfenu) z Chitozanem i wielościennymi nanorurkami węglowymi (PEDOT-cht/MWCNTs). Opracowane elektrody zastosowano do oznaczania efedryny. Jest to alkaloid pochodzenia naturalnego o silnych właściwościach pobudzających, stymulujących i odurzających. Oznaczanie efedryny jest istotne, gdyż związek ten i jego izomery optyczne znajduje się na Liście Substancji i Metod Zabronionych Światowej Agencji Antydopingowej. Tematyka pracy stanowi istotną propozycję w badaniach elektrochemicznych i elektroanalitycznych. Prezentowane wyniki badań dotyczą przede wszystkim metod otrzymywania kompozytów PEDOT-chitozan/MWCNT, modyfikowania powierzchni elektrod tymi materiałami oraz charakterystyki elektrochemicznej uzyskanych układów. W badaniach zastosowano metody woltamperometrii cyklicznej (CV), woltamperometrii pulsowej różnicowej (DPV) i metody elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS).

Finansowanie projektu badawczego w ramach studenckich grantów badawczych 2018 na Uniwersytecie Łódzkim.

Unieruchomienie oksydazy glukozowej i lakazy na warstwach polimerów i biopolimerów

Natalia Strzelecka

Promotor: dr Paweł Krzyczmonik

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

Prezentowana praca dotyczy unieruchamiania enzymów, takich jak oksydaza glukozowa i lakaza na powierzchniach kompozytowych materiałów przewodzących. Zastosowano materiały kompozytowe zawierające kwas poliakrylowy lub chitozan, które umożliwią związanie enzymu. Drugi składnikiem był poli(3,4-etylenodioksytiofen), który miał zapewnić przewodnictwo elektryczne całego układu. Elementami nowości są badania z zastosowaniem przewodzących materiałów z udziałem chitozanu. Enzymy zostały związane do podłoża za pomocą linkerów, takich jak aldehyd glutarowy i chlorowodorek N-(3-dimetyloaminopropyl)-N'-etylokarbodiimidu. Obecność aktywnych enzymów w otrzymanych układach była sprawdzana z pomocą testów chemicznych służących do badania aktywności enzymu. Aktywność oksydazy glukozowej badano testem z o-dianisidyną, a aktywność lakazy badano w reakcji z kwasem 2,2'-azino-bis-(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowym). Obie reakcje w obecności aktywnego enzymu wywołują wyraźną zmianę zabarwienia roztworu. W końcowym etapie badań testowano możliwości zastosowania otrzymanych układów do budowy sensorów elektrochemicznych. Badania polegały na woltamperometrycznych i amperometrycznych testach aktywności badanych warstw i ich czułości na obecność analitu np. glukozy.

Badania zostały sfinansowane z studenckiego grantu badawczego UŁ na rok 2019.

**Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia
i Chemia Medyczna**

Wykorzystanie 2-(3*H*)-furanonów w asymetrycznej dekarboksylatywnej addycji Michaela

Alicja Głowacka

Promotor: dr inż. Anna Albrecht

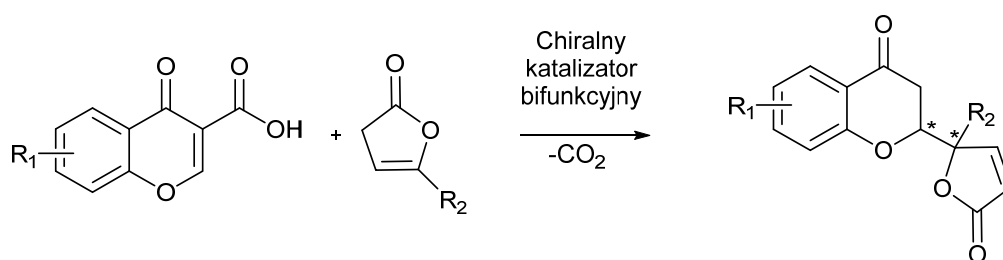
Opiekun: mgr inż. Jan Bojanowski

*Instytut Chemii Organicznej, Wydział Chemiczny,
Politechnika Łódzka, ul. Żeromskiego 116, 90-923 Łódź*

Laktony chromanonowe stanowią klasę produktów naturalnych zawierających w swojej budowie pierścień chromanonu połączony w pozycji 2 z ugrupowaniem γ -laktonu. Związki te wykazują aktywność biologiczną, która jest w głównym stopniu determinowana obecnością czwartorzędowego centrum stereogenicznego w pierścieniu γ -laktonu [1].

Niezwykle użyteczną metodą tworzenia wiązań C-C pozwalającą otrzymywać wybrane bloki budulcowe jest dekarboksylatywna addycja Michaela. Kwasy chromono-3-karboksylowe są doskonałymi reagentami w tej reakcji [2]. Wiązanie podwójne znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie grupy karboksylowej posiada silnie elektrofilowy charakter. Jego obecność umożliwia reakcję z wybranymi donorami Michaela. Stereoselektywność reakcji może być kontrolowana poprzez zastosowanie chiralnego katalizatora.

Celem prowadzonych badań jest stereoselektywna synteza laktonów chromanonowych w wyniku asymetrycznej dekarboksylatywnej addycji 2-(3*H*)-furanonów do kwasów chromono-3-karboksylowych. Reakcja ta przebiega w łagodnych warunkach z wysoką diastereo- i enancjoselektywnością w obecności chiralnego katalizatora bifunkcyjnego.



[1] J. Liu; Z. Li.; P. Tong; Z. Xie; Y. Zhang; Y. Li, *J. Org. Chem.* 2015, 80, 1632.

[2] J. Bojanowski; A. Albrecht, *Asian J. Org. Chem.*, 2019, DOI: 10.1002/ajoc.201900166.

**Badania nad syntezą i właściwościami herbicydowymi
C,C'-dipodstawionych pochodnych *N*-fosfonometyloglicyny**

Anna Kowalczyk

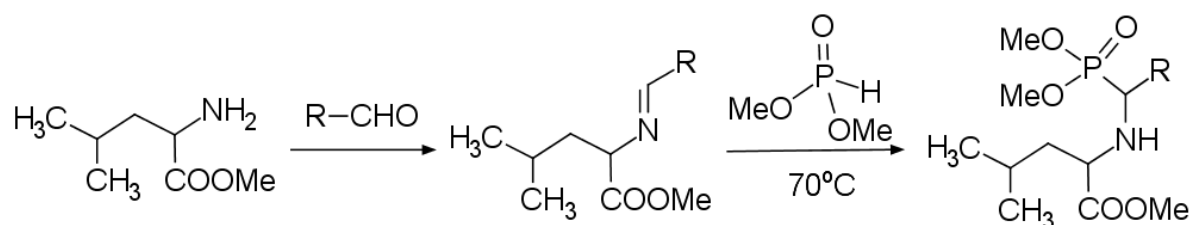
Promotor: prof. dr hab. Jarosław Lewkowski

Opiekun: dr Paweł Tokarz, prof. dr hab. Jarosław Lewkowski

***Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej,
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 90-341 Łódź***

Glifosat jest bardzo skutecznym i chętnie wykorzystywanym środkiem chwastobójczym działającym na rośliny wyższe poprzez zahamowanie enzymu związanego z biosyntezą aminokwasów aromatycznych: fenyloalaniny, tyrozyny oraz tryptofanu. Jednakże ostatnie doniesienia na temat jego szkodliwego wpływu [1] skłaniają do poszukiwania nowych związków o właściwościach chwastobójczych.

Celem mojej pracy magisterskiej była synteza trzech *C,C'*-dipodstawionych pochodnych *N*-fosfonometyloglicyny oraz wstępne zbadanie ich właściwości fitotoksycznych. Synteza została przeprowadzona w oparciu o zmodyfikowaną reakcję *aza*-Pudovika i pozwoliła na otrzymanie tytułowych aminofosfonianów z dobrymi wydajnościami. Reakcja nie była diastereoselektywna. Powstałe w ten sposób aminofosfoniany wyodrębniono, oczyszczono, a następnie dokonano rozdziału ich diastereoizomerów. Diastereoizomery, które mają charakter krystaliczny będą poddane badaniom rentgenostrukturalnym. Wstępne badania ekotoksykologiczne są w toku.



R= fenyl, *p*-metoksyfenyl, 2-tienyl

Składam podziękowania Uniwersytetowi Łódzkiemu za sfinansowanie badań ze środków Studenckiego Grantu Badawczego.

[1] N. Defarge, J. Spiroux de Vendômois, G.E. Seralini, *Toxicology Reports*, 2018, 5, 156-163.

Formalne [3+2]-Cykloaddycje A/D-Cyklopropanów z wybranymi tioketonami ferrocenylowymi

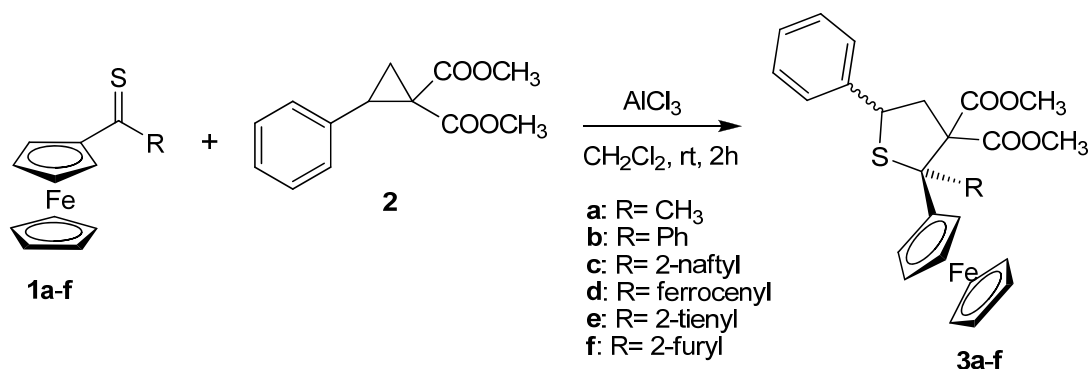
Mateusz Kowalczyk, Katarzyna Urbaniak, Agnieszka Cieślińska, Grzegorz Młostoń*

Kierownik pracy: Grzegorz Młostoń

Opiekun: Katarzyna Urbaniak

**Wydział Chemii, Katedra Chemii Organicznej i Stosowanej,
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 90-341 Łódź**

Reakcje [3+2]-cykloaddycji stanowią jedną z najważniejszych metod syntezy 5-członowych S-heterocykli. Zastosowanie związków tiokarbonylowych w roli dipolarofili pozwala na otrzymanie takich heterocykli o zróżnicowanym składzie (S-, N,S-, O,S-, S,S-, S,S,S-heterocykle). Heterocykle funkcjonalizowane elektroaktywną grupą ferrocenylową są szczególnie interesujące ze względu na ich możliwe zastosowania w chemii materiałowej oraz chemii medycznej. Ostatnio opublikowano przykłady wydajnych syntez pochodnych 1,3-ditolanu [1] oraz tiiranu [2] z wykorzystaniem tioketonów ferrocenylowych. Obok tioketonów arylowych i hetarylowych są one traktowane jako uniwersalne bloki budulcowe do syntezy związków siarkoorganicznych [3]. Jak dotychczas, formalne reakcje [3+2] cykloaddycji tioketonów ferrocenylowych typu 1 z A/D-cyklopropanami nie zostały zbadane i opisane. W ramach przygotowanej pracy magisterskiej zbadano przebieg nieznanych dotychczas reakcji tioketonów ferrocenylowych 1a-f z cyklopropanem 2. W wyniku przeprowadzonych reakcji otrzymano szereg pochodnych tiolanu 3a-f (rys. 1). Ustalono struktury produktów 3 i stwierdzono, że diastereoselektywność reakcji jest uzależniona od rodzaju podstawnika R.



Rys. 1. Reakcje tioketonów 1a-f z A/D-cyklopropanem 2

- [1] G. Młostoń, R. Hamera-Fałdyga, A. Linden, H. Heimgartner, *Beilstein J. Org. Chem.* 2016, 12, 1421.
 [2] G. Młostoń, R. Hamera, H. Heimgartner, *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, 2015, 190, 2125.
 [3] G. Młostoń, P. Grzelak, R. Hamera-Fałdyga, M. Jasiński, K. Urbaniak, P. Pipiak, Ł. Albrecht, J. Hejmanowska, H. Heimgartner, *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, 2017, 192, 204.

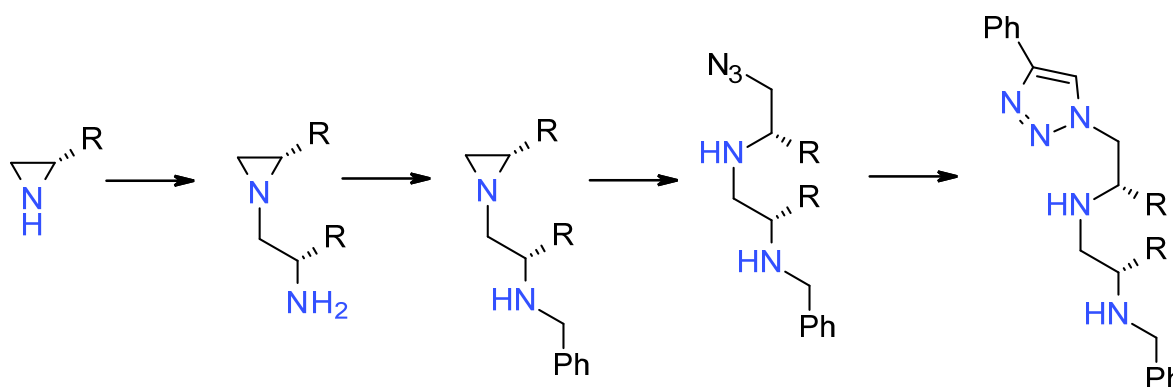
Azirydyna jako kluczowy substrat w syntezie chiralnych 1,2,3-trazoli o potencjalnych właściwościach**Dominika Lubikowska**

Promotor: prof. zw. dr hab. Stanisław Leśniak

Opiekun: dr Adam Marek Pieczonka

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

Głównym założeniem moich badań była synteza szeregu związków, zawierających dwa układy: 1,2-diaminowy i pierścień 1,2,3-triazolowy. Wybór układów podyktowany był ich charakterystycznymi cechami biochemicznymi. Zakładały one możliwość mimikowania układów biologicznych ponieważ pierścień 1,2,3-triazolu posiada właściwości bioizosteryczne do innych popularnych bloków budulcowych. Zdolności te można wykorzystać w chemii medycznej w projektowaniu nowych leków. Prace zostały przeprowadzone w dwóch zasadniczych etapach. Pierwszy objął utworzenie układu 1,2-diaminowego, poprzez regioselektywne otwarcie pierścienia azirydynowego. Natomiast drugi polegał na przekształceniach celem otrzymania pierścienia 1,2,3-triazolowego.



Schemat 1

Projekt badawczy był realizowany w ramach Studenckich Grantów Badawczych na rok 2019.

- [1] E. Bonandi, M. S. Christodoulou, G. Fumagalli, D. Perdicchia, G. Rastelli, D. Passarella, *Drug Discovery Today*, 2017, 22, 1572.
- [2] A.M. Pieczonka, E. Misztal, M. Rachwalski, S. Leśniak, *Arkivoc* 2017, ii, 223-234.
- [3] A. Kowalczyk, A. M. Pieczonka, M. Rachwalski, S. Leśniak, P. Stączek, *Molecules* 2018, 23, 45.
- [4] A.M. King, Ch. Salome, J. Dinsmore, E.S. Grosjean, M.D. Ryck, R. Kaminski, A. Valade, H. Kohn, *J. Med. Chem.*, 2011, 54, 4815-4830.

Synteza azotowych pochodnych kwasu salicylowego o właściwościach luminescencyjnych

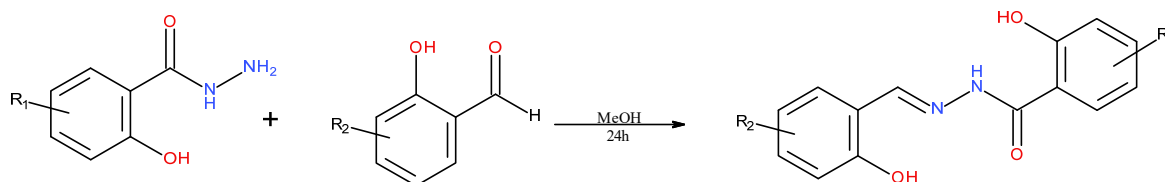
Lena Marciniak

Promotor: dr Adam Marek Pieczonka

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

e-mail: lena.marciniak@onet.pl

Hydrazony hydrazydowe dzięki swoim odpowiednim właściwościom potencjalnie mogą znaleźć zastosowanie w elektronice organicznej jako warstwy aktywne w diodach OLED. Ideą pracy magisterskiej była synteza hydrazonów hydrazydowych, pochodnych hydrazydu kwasu salicylowego o zróżnicowanej budowie pozwalającej na wytworzenie cienkich warstw ciała stałego (rys. 1). Związki organiczne wykorzystywane w elektroluminescencyjnych diodach charakteryzują się silną luminescencją oraz odpowiednią strukturą pozwalającą na swobodny przepływ elektronów w warstwie. W celu uzyskania związków o konkretnych właściwościach, ważnym elementem syntezy było rozbudowanie podstawników hydrazonowego rdzenia cząsteczki. Synteza odpowiednio podstawionych pochodnych hydrazydu kwasu salicylowego oraz aldehydu salicylowego pozwoliła na otrzymanie szeregu związków organicznych o indywidualnej specyfice w zależności od struktury. Współpraca z Laboratorium Biosensorów i Elektroniki Organicznej umożliwiła wykonanie cienkich warstw oraz dokładne zbadanie ich morfologii, m.in. pod mikroskopem metalograficznym.



Praca zrealizowana ze środków przyznanych w ramach Studenckich Grantów Badawczych oraz we współpracy z Laboratorium Biosensorów i Elektroniki Organicznej w Bionanoparku w Łodzi

- [1] Yan Xia, Wan-Yi Tan, Li-Ping Wang, Chun-Hui Zhang, Ling Peng, Xu-Hui Zhu, *Dyes and Pigments* 126, 2016.
[2] A. Świst, J. Sołoducho, *CHEMIK* 2012, 66, 4, 289-296, Wrocław 2012.

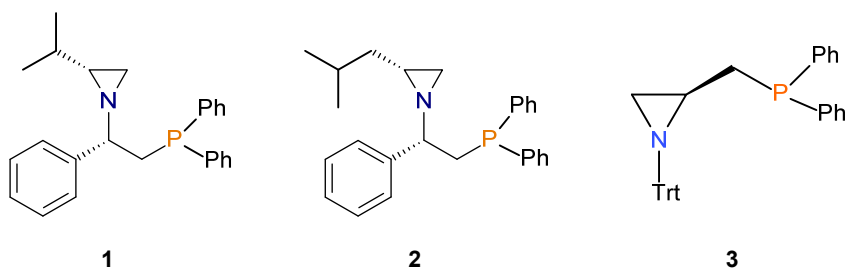
Synteza nowych chiralnych ligandów azirydynylofosfinowych**Karolina Anna Miksa**

Promotor: prof. Stanisław Leśniak

Opiekun: dr Adam Marek Pieczonka

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

Celem pracy magisterskiej jest synteza nowych chiralnych ligandów azirydynylofosfinowych, a następnie sprawdzenie ich efektywności w reakcjach krzyżowego sprzęgania. Na przełomie ostatnich dziesięciu lat opublikowano ograniczoną liczbę publikacji dotyczących syntezy pochodnych azirydynylofosfin i ich P-tlenków, które znalazły zastosowanie jako katalizatory w różnego typu reakcjach [1]. Prowadząc badania otrzymałam dwie grupy nowych chiralnych ligandów o potencjalnych właściwościach katalitycznych. Pierwszą grupę ligandów otrzymałam w wieloetapowej syntezie wychodząc z naturalnego kwasu (*S*)-migdałowego. Ze względu na bardzo długą drogę syntezy ligandów azirydynylofosfinowych oraz jej niską wydajność opracowałam alternatywną metodę ich otrzymania, w której jako substrat stosowałam chiralny tlenek styrenu. Kolejny ligand otrzymałam wychodząc z aminokwasu L-seryny, który posłużył do syntezy pośredniego estru kwasu azirydyno-2-karboksylowego. Powyższe metody syntezy nowych chiralnych ligandów polegały na otrzymaniu azirydynyloalkoholu, a następnie przekształceniu go w odpowiedni tosyłan, który ostatecznie podstawiony był grupą difenylofosfinową. Prowadząc badania do pracy magisterskiej otrzymałam trzy różne nowe chiralne ligandy azirydynylofosfinowe, które potencjalnie mogą pełnić rolę katalizatora w różnego typu reakcjach (rys. 1). Kolejnym etapem badań jest sprawdzenie skuteczności zsyntezowanych przeze mnie ligandów w reakcjach krzyżowego sprzęgania: Suzuki, Negishi, Kumady oraz Sonogashiry.



Praca zrealizowana ze środków Studenckiego Grantu Badawczego 2018.

[1] S. Eröksüz, Ö. Dogan, P.P. Garner, *Asymmetry*, 2010, 21, ss. 2535-2538.

Synteza fragmentu tRNA modyfikowanego cykliczną 2-metylotio- N^6 -treonylokarbamoiloadenozyną (ms^2ct^6A)

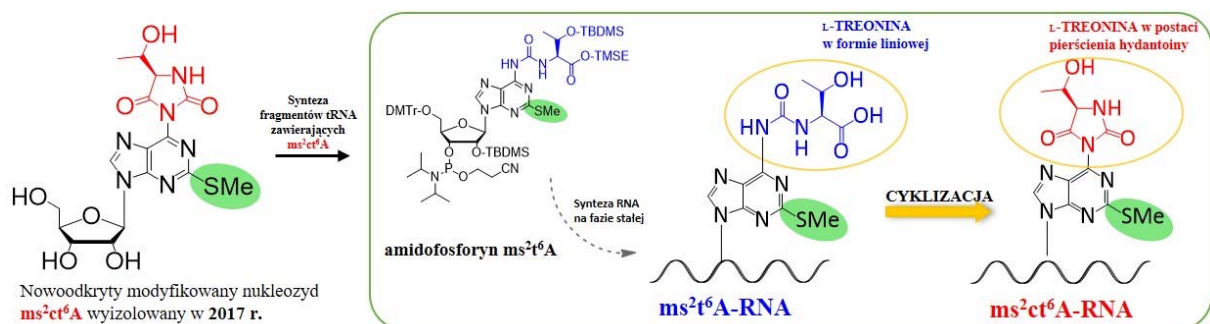
Karolina Podkoczyj

Promotor: prof. dr hab. inż. Elżbieta Sochacka

Opiekun: mgr inż. Katarzyna Dębiec

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

Cykliczna 2-metylotio- N^6 -treonylokarbamoiloadenozyna (ms^2ct^6A) zawierająca część aminokwasową w postaci pierścienia hydantoiny, została zidentyfikowana w 2017 roku w pozycji 37 pętli antykodonu tRNA, jako natywna forma znanej i badanej od ponad 20 lat liniowej pochodnej ms^2t^6A [1]. Nowo odkryta cykliczna modyfikacja charakteryzuje się tym, iż pierścień hydantoiny ma odmienne ułożenie przestrzenne w porównaniu do łańcuchowej reszty L-treoniny w liniowym nukleozydzie ms^2t^6A [1,2]. W tym kontekście, synteza modelowych oligorybonukleotydów zawierających cykliczną ms^2ct^6A otwiera drogę dla przyszłych badań strukturalnych nad poznaniem wpływu nowoodkrytej ms^2ct^6A na konformację pętli antykodonu tRNA i porównaniu z dotychczas badaną liniową ms^2t^6A .



W komunikacie prezentujemy efektywną metodę wprowadzenia ms^2ct^6A w łańcuch oligorybonukleotydowy na drodze post-syntetycznej konwersji ms^2t^6A -RNA $\rightarrow$ ms^2ct^6A -RNA. Syntezę prekursorowego 17-meru o sekwencji 5'-ACGGCUUUU ms^2t^6A ACCGUG-3' (tRNA^{Lys}, *T. brucei*) przeprowadziłam manualnie metodą amidofosforynową na nośniku CPG w skali 2,5 μ mol. Fragment tRNA zawierający ms^2ct^6A otrzymałam z wydajnością 90% w wyniku post-syntetycznej cyklizacji, stosując mieszaninę odczynników EDC/HOBt [3]. Struktura oraz czystość otrzymanego oligorybonukleotydu o sekwencji 5'-CACGGCUUUU ms^2ct^6A ACCGUG-3' została potwierdzona wynikami: MALDI-ToFMS, RP-HPLC oraz analizy składu nukleozydowego.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer [UMO-2017/25/B/ST5/00971].

- [1] B. Kang, K. Miyauchi, M. Matuszewski, G.S. D'Almeida, M.A. Rubio, J.D. Alfonzo, K. Inoue, Y. Sakaguchi, T. Suzuki, E. Sochacka, T. Suzuki, *Nucleic Acid Res.*, 2017, 45, 2124-2136.
- [2] K. Miyauchi, S. Kimura, T. Suzuki, *Nat. Chem. Biol.*, 2013, 9, 105-107.
- [3] M. Matuszewski, K. Dębiec, E. Sochacka, *Chem. Commun.*, 2017, 53, 7945-7948.

Chiralny pierścień azirydyny jako efektywny nośnik chiralności w reakcjach enancjoselektywnych

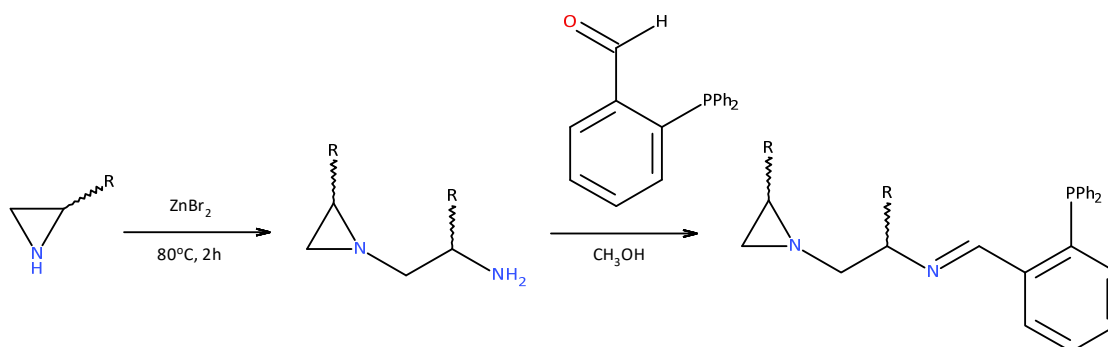
Alicja Joanna Rakowska

Promotor: Stanisław Leśniak

Opiekun: Adam Marek Pieczonka

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

Celem mojej pracy magisterskiej była synteza związków chiralnych zawierających w swojej strukturze pierścień azirydyny oraz grupę difenylfosfinową, które wykazywałyby aktywność katalityczną. W literaturze znaleźć można podobne katalizatory, takie jak azirydynyloalkohole, azirydynylofosfoniany, bis-azirydyny, ferrocenyloazirydyny oraz siarczki i disiarczki azirydynowe [1]. Syntezowane przeze mnie chiralne iminy są jednak związkami niespotykanymi dotąd w literaturze. Otrzymywałam je w syntezie dwuetapowej, w której substratami były chiralne azirydyny, przekształcone następnie w 1-(2-aminoalkilo)azirydyny [2] i w dalszej kolejności w odpowiednie iminy (rys. 1).



W kolejnym etapie badań otrzymane związki poddawałam testom w reakcjach krzyżowego sprzęgania Suzuki. Uzyskane przeze mnie wyniki mogą poszerzyć wiedzę dotyczącą wspomnianej reakcji, a także dowieść aktywności katalitycznej zsyntezowanych przeze mnie ligandów.

- [1] S. Leśniak, M. Rachwalski, A. M. Pieczonka, *Optically Pure Aziridinyl Ligands as Useful Catalysts in the Stereocontrolled Synthesis*, Current Organic Chemistry, 2014, 18.
[2] Adam M. Pieczonka, E. Misztal, M. Rachwalski, S. Leśniak, *Synthesis of chiral 1-(2-aminoalkyl)-aziridines via a self-opening reaction of aziridine*, Arkivoc, 2017, part II, 223-234.

Synteza i charakterystyka boronowej pochodnej 4'-(dimetyloamino)-3-hydroksyflawonu

Daria Rudnicka

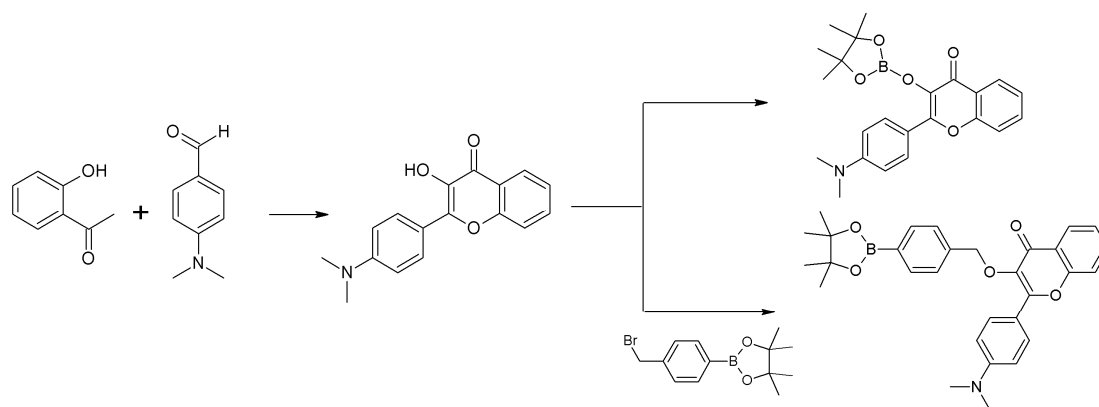
Promotor: dr hab. Radosław Podsiadły, prof. PŁ

Opiekun: mgr inż. Julia Modrzejewska

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

Wiele obecnie prowadzonych badań skupia się na ograniczeniu negatywnego wpływu reaktywnych form tlenu i azotu na organizm. Jednym z kierunków tych badań jest synteza próbników fluorescencyjnych, które pozwoliłyby w łatwy sposób wykrywać obecność oraz określać ilość tych substancji w systemach komórkowych [1]. Dużą grupę sond przeznaczonych do detekcji reaktywnych form tlenu i azotu stanowią próbniiki boronowe. Swoją popularność zawdzięczają one m.in. wysokiej selektywności i różnorodności. Znacznym potencjałem charakteryzują się boronowe pochodne 3-hydroksyflawonu. Przykładami takich związków są zsyntetyzowane w 2018 r. próbniiki fluorescencyjne przez A. Sedgwicka et al. [2], które odznaczają się wysoką selektywnością w kierunku oznaczania nadtlenoazotynu w układach biologicznych.

Celem badań było zsyntetyzowanie i scharakteryzowanie boronowej pochodnej 4'-(dimetyloamino)-3-hydroksyflawonu o potencjalnych właściwościach pozwalających na zastosowanie jej do obrazowania reaktywnych form tlenu i azotu w układach biologicznych. Pierwszy etap badań obejmował szereg syntez prowadzących do otrzymania boronowej pochodnej 4'-(dimetyloamino)-3-hydroksyflawonu o jak najwyższej czystości. W kolejnym etapie wykonane zostały badania spektroskopowe otrzymanych półproduktów oraz związków.



Rys. 2. Schemat reakcji prowadzących do otrzymania próbniika boronowego

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu SONATA BIS nr 2016/22/E/ST4/00549.

[1] J.F. Woolley; J. Stanicka; T.G. Cotter, *Trends Biochem Sci.*, 2013, 38, 556-565.

[2] A. Sedgwick; et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 140, 14267-14271.

Synteza i charakterystyka spektroskopowa próbników fluorescencyjnych do detekcji RFTiA oraz produktów ich utleniania – pochodne kumaryny

Klaudia Salamon

Promotor: dr hab. Radosław Podsiadły, prof. PŁ

Opiekun: dr inż. Aleksandra Grzelakowska

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

Istotna rola reaktywnych form tlenu i azotu (RFTiA) w starzeniu się i rozwoju różnego rodzaju chorób spowodowała opracowywanie nowych metod badania ich w układach biologicznych. Jednym z dogodnych narzędzi do detekcji RFTiA są próbniki fluorescencyjne wywodzące się z małocząsteczkowych barwników fluorescencyjnych. Ich działanie polega na specyficznych reakcjach między próbnikami a utleniaczami, które prowadzą do zmian właściwości optycznych próbników. Po utlenieniu próbnik ulega przekształceniu do swojej fluorescencyjnej pochodnej. W ostatnich latach wiele uwagi poświęcono projektowaniu próbników – pochodnych kwasu boronowego, które charakteryzują się selektywnością w detekcji H_2O_2 oraz $ONOO^-$ [1-3].

Celem pracy magisterskiej była synteza i charakterystyka boronowych pochodnych kumaryny o potencjalnym zastosowaniu jako nowe próbniki fluorescencyjne do detekcji reaktywnych form tlenu i azotu w mitochondriach. Struktury otrzymanych związków potwierdzono przy użyciu spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego protonowego (1H NMR). W celu określenia właściwości spektralnych otrzymanych pochodnych kumaryny zarejestrowano ich widma absorpcyjne i fluorescencyjne w różnych rozpuszczalnikach, wyznaczono współczynniki ekstynkcji molowej, wydajności kwantowe oraz czasy życia fluorescencji. Co więcej, wykonano szereg pomiarów spektrofluorymetrycznych, które miały na celu określenie reaktywności próbników względem ważnych z biologicznego punktu widzenia utleniaczy.

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu SONATA BIS 6 (grant nr 2016/22/E/ST4/00549).

[1] J.F. Woolley, J. Stanicka, T.G. Cotter, *Trends Biochem. Sci.*, 2013, 38, 556-565.

[2] T. Terai, T. Nagano, *Pflugers Arch – Eur. J. Physiol.*, 2013, 465, 347-359.

[3] K. Żamojć, M. Zdrowowicz, D. Jacewicz, D. Wyrzykowski, L. Chmurzyński, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 2016, 46, 171-200.

Post-syntetyczna strategia otrzymywania homologicznych fragmentów RNA zawierających modyfikowane nukleozydy MCM⁵U/CM⁵U/NCM⁵U oraz znacznik Cy5

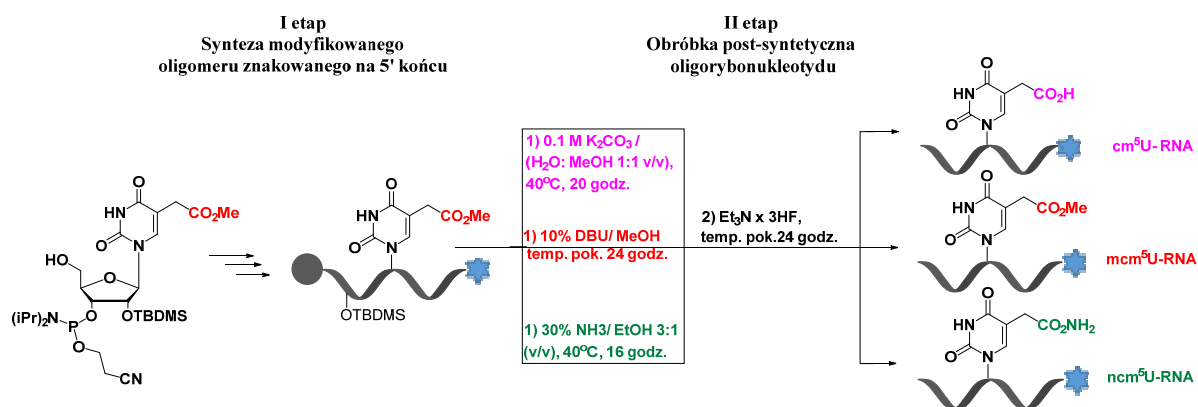
Dominika Sobczyńska

Promotor: dr inż. Agnieszka Dziergowska

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

Ważną cechą transferowych kwasów rybonukleinowych (tRNA) jest obecność w ich cząsteczkach ponad stu strukturalnie różnorodnych modyfikacji kluczowych dla prawidłowego i efektywnego przebiegu dekodowania informacji genetycznej, procesów regulacyjnych oraz dostosowania się komórki do warunków stresu oksydacyjnego.

Celem prezentowanej pracy była optymalizacja strategii chemicznej syntezy serii 17-merów, zawierających modyfikowane urydyny: 5-metoksykarbonylometylourydynę (mcm⁵U) oraz jej analogi z funkcją karboksylową w formie kwasu (cm⁵U) lub amidu (ncm⁵U), a ponadto dodatkowo znakowanych na 5'-końcu barwnikiem fluorescencyjnym Cy5.



Kluczowy 17-mer RNAo sekwencji ramienia antykodonu (ASL) tRNA^{Glu} z drożdży, modyfikowany 5-metoksykarbonylometylourydyną oraz Cy5, otrzymany został metodą amidofosforynową na fazie stałej, techniką manualną w skali 5 μmol. Następnie, zastosowane odpowiednio zróżnicowane warunki post-syntetycznej deprotekcji grup ochronnych oligomeru, pozwoliły zachować funkcję estrową modyfikacji (mcm⁵U-RNA) lub przekształcić modyfikowaną jednostkę w formę amidu lub kwasu karboksylowego, prowadząc do ncm⁵U-RNA oraz cm⁵U-RNA. Produkty zostały oczyszczone technikami chromatograficznymi (Rp-HPLC oraz IE-HPLC), a ich masy potwierdzono analizami MALDI- MS oraz ESI-MS. Otrzymane modelowe 17-merowe fragmenty tRNA zostaną wykorzystane w badaniach biochemicznych nad mechanizmami biosyntezy modyfikacji tRNA, prowadzonych w zespole dr S. Glatta z Laboratorium Maxa Plancka w Centrum Biotechnologii UJ w Krakowie.

Badania zostały sfinansowane z Funduszu Działań Statutowych PŁ (501-13-18-1-39).

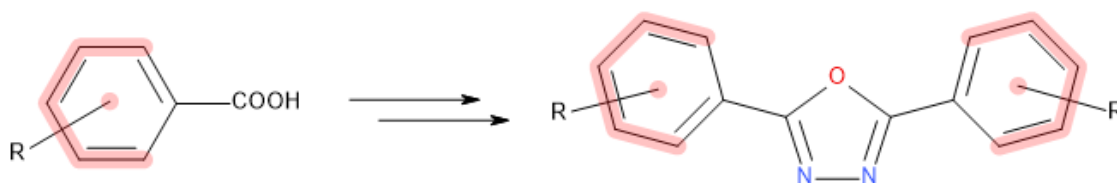
Synteza niesymetrycznych 1,3,4-oksadiazoli o właściwościach luminescencyjnych

Patrycja Szamweber

Promotor: dr Adam Marek Pieczonka

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

Celem moich badań była synteza symetrycznych i niesymetrycznych 1,3,4-oksadiazoli charakteryzujących się właściwościami luminescencyjnymi w ciele stałym, a także wykazujących się wysoką zdolnością do samoorganizacji cząsteczek w procesie tworzenia cienkich warstw polikrystalicznych. Podstawione 1,3,4-oksadiazole należą do związków dobrze przenoszących elektrony, dzięki czemu mogą być wykorzystywane jako małowymagające emitery w aktywnych warstwach organicznych diod elektroluminescencyjnych (OLED). Otrzymane przeze mnie pochodne, posiadające ten heterocykliczny rdzeń charakteryzowały się znaczną luminescencją. Zbadano również zdolności samoorganizacyjne cząsteczek w procesie wytwarzania warstw polikrystalicznych. Właściwości te zostały zbadane przy współpracy z Laboratorium Biosensorów i Elektroniki Organicznej w Łodzi.



Badania zostały sfinansowane ze Studenckich Grantów Badawczych UŁ 2019.

- [1] M. Wróblowska, A. Kudelko, N. Kuźnik, K. Łaba, M. Łapkowski, Synthesis of Extended 1,3,4-Oxadiazole and 1,3,4-Thiadiazole Derivatives in the Suzuki Cross-coupling Reactions, Wiley Periodicals, 2016, vol. 54, s. 1550.
- [2] K. Jasiak, A. Kudelko, W. Zieliński, N. Kuźnik, Study on DDQ-promoted synthesis of 2,5-disubstituted 1,3,4-oxadiazoles from acid hydrazides and aldehydes, Arkivoc, 2017, part II, s. 88.

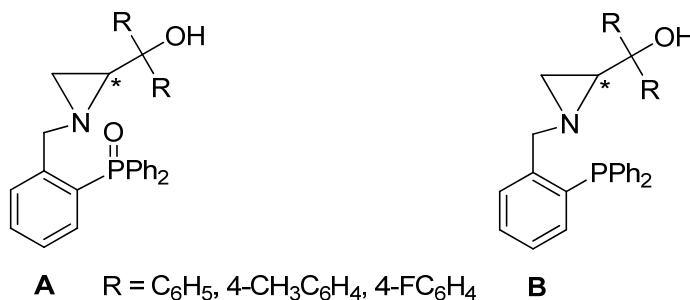
**Synteza optycznie czystych fosfino- i dosfinoiloazirydyn
oraz ich wykorzystanie w reakcjach enancjoselektywnych****Maciej Tomala**

Promotor: dr hab. Anna Zawisza, prof. UŁ

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

Synteza asymetryczna jest aktualnie jednym z najważniejszych kierunków rozwijanych we współczesnej chemii organicznej. Jej wagę podnosi fakt zapotrzebowania przemysłowego na metody i technologie prowadzące do optycznie czystych związków organicznych o zdefiniowanych właściwościach fizykochemicznych (nowe materiały) i biologicznych (substancje czynne dla nowych leków, półprodukty dla przemysłu chemicznego, kosmetycznego i spożywczego, itp.). Wydajność chemiczna i czystość optyczna otrzymanych produktów zależy często od doboru odpowiedniego katalizatora chiralnego.

Jednym z głównych celów mojej pracy magisterskiej była synteza nowych katalizatorów opartych na pierścieniu optycznie czystej azirydyny zawierających dodatkowo ugrupowanie difenylofosfinoilowe (**A**) bądź difenylofosfinowe (**B**).



Należy podkreślić, że pochodne takie nie zdobyły jeszcze miejsca w asymetrycznej syntezie, ponieważ nigdy nie były testowane w reakcjach stereokontrolowanych.

Na podstawie naszych doświadczeń i pierwszych badań możemy stwierdzić, że związki te mają potencjalnie duże możliwości odegrania znaczącej roli w tej dziedzinie. Rozszerzenie istniejącej liczby dostępnych katalizatorów będących pochodnymi azirydyny o związki zaproponowane w tym projekcie, stworzy zatem duży zestaw katalizatorów o szerokim spektrum skuteczności katalitycznej, stając się niezwykle cennym narzędziem w rękach chemików organików.

Fotolityczne cyklizacje 3-tlenków imidazoluz podstawnikami *o*-bromofenyłowym przy atomie C(2) oraz aryłowym przy atomie N(1)

Anton Vorozheikin, Katarzyna Urbaniak, Hanna Jatczak, Grzegorz Młostoń

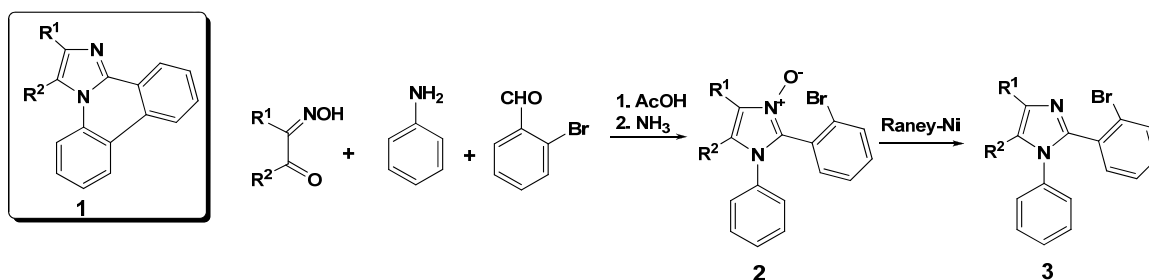
Promotor: Grzegorz Młostoń

Opiekun: Katarzyna Urbaniak

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

W Zakładzie Związków Heteroorganicznych UŁ od wielu lat prowadzone są badania 2-niepodstawionych *N*-tlenków imidazolu [1]. Związki te otrzymywane są w oparciu o znaną metodę heterocyklizacji, która polega na reakcji α -hydroksyiminoketonów z odpowiednią iminą formaldehydu [2]. W kontynuacji tego nurtu badań postanowiono przeprowadzić syntezę 2-podstawionych *N*-tlenków imidazolu, które w pozycjach C-4 i C-5 posiadają grupy metylowe lub fenylowe. Inspirację do podjęcia badań stanowiły doniesienia literaturowe dotyczące metod syntezy i fotochemicznej transformacji pochodnych imidazolu zawierających w pozycji C-2 grupę 2-bromofenyłową. W warunkach fotolizy w roztworze CH_2Cl_2 ($h\nu = 254 \text{ nm}$, temp. pok., 10 h) otrzymano z bardzo wysokimi wydajnościami serię policyklicznych pochodnych imidazolu typu 1 [3].

W ramach przygotowanej pracy przeprowadzono syntezę 2-podstawionych *N*-tlenków imidazolu 2. W kolejnym etapie pochodną 2a ($\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Ph}$) poddano deoksygenacji przy użyciu Ni Raneya otrzymując imidazol 3a ($\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Ph}$) (rys. 1). Związki typu 2 i 3 badano następnie w warunkach fotolitycznych stosując zanurzeniową lampę UV. Wyniki tych reakcji zostaną przedstawione w komunikacie posterowym.



Rys. 1. Synteza i deoksygenacja 2-bromofenyłopodstawionych *N*-tlenków imidazolu 2

Badania przeprowadzono w ramach grantu Beethoven-2 (Grant #2016/23/G/ST5/04115) finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

[1] G. Młostoń, M. Jasiński, A. Wróblewska, H. Heimgartner, *Curr. Org. Chem.* 2016, 20, 1359.

[2] a) G. Młostoń, P. Mucha, K. Urbaniak, K. Broda, H. Heimgartner, *Helv. Chim. Acta*, 2008, 91, 232; b) G. Młostoń, T. Gendek, H. Heimgartner, *Helv. Chim. Acta*, 1998, 81, 1585.

[3] K. Skonieczny, D.T. Gryko, *J. Org. Chem.*, 2015, 80, 5753.

Transport zmodyfikowanych kwasów lizofosfatydowych przez ludzką surowiczą albuminę (HSA)

Weronika Bartnik

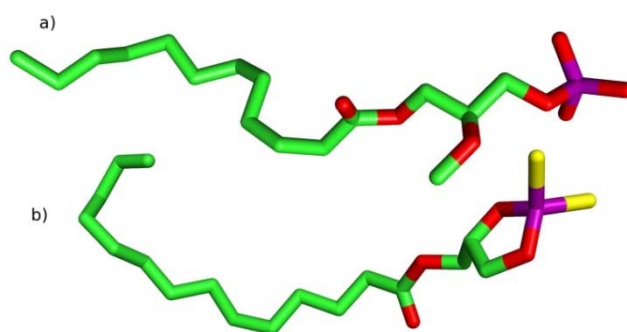
Promotor: dr hab. inż. Anna Bujacz prof. PŁ

*Instytut Biochemii Technicznej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. B. Stefanowskiego 4/10 90-924 Łódź*

Surowicza albumina jest białkiem występującym w największej ilości w krwi kręgowców. Reguluje ciśnienie osmotyczne i transportuje wiele substancji, między innymi: kwasy tłuszczowe, metabolity, hormony, leki oraz jony metali. Od ponad 20 lat znana jest struktura przestrzenna surowiczej albuminy ludzkiej (HSA) (PDB ID: 1AO6), a także poznanych jest wiele struktur kompleksów HSA z różnymi ligandami. Albumina ludzka, z uwagi na to, że jest głównym białkiem osocza, ma szerokie zastosowanie w przemyśle farmakologicznym w badaniach dystrybucji i powinowactwa do różnych leków. HSA może wiązać aż 11 krótko- oraz siedem średnio- i długołańcuchowych kwasów tłuszczowych [1].

Celem pracy jest określenie struktury przestrzennej HSA w kompleksie ze zmodyfikowanym kwasem lizofosfatydowym (Lau-OMe-LPA) oraz porównanie jego miejsc wiążących w kompleksie z HSA z mirystoilo-ditio-cPA (Myr-2ScPA) (rys. 1), którego struktura przestrzenna została zdeponowana w PDB (5ID7) [1]. Kwasy te są cząsteczkami odpowiadającymi za przekazywanie sygnałów mogących wpłynąć na proces reprodukcji lub system nerwowy [2]. Podczas gdy kwasy LPA stymulują wzrost komórki, a cPa mają działanie przeciwproliferacyjne i mogą przyczynić się do zapobiegania rozwojowi nowotworów [3]. Zmodyfikowane kwasy LPA i cPA mogą wykazywać działanie terapeutyczne, dlatego prowadzonych jest wiele badań w celu głębszego poznania ich właściwości, w tym sposobu ich transportu we krwi.

Określiłam strukturę krystaliczną kompleksu HSA/Lau-OMe-LPA w grupie przestrzennej C2 oraz przeanalizowałam miejsca i charakter oddziaływania ligandu Lau-OMe-LPA z kieszeniami wiążącymi HSA.



Rys. 1. Pochodne kwasów lizofosfatydowych: a) Lau-OMe-LPA; b) Myr-2S-cPA

- [1] B. Sekula, A. Ciesielska, P. Rytczak, M. Koziółkiewicz, A. Bujacz, *Structural evidence of the species-dependent albumin binding of the modified cyclic phosphatidic acid with cytotoxic properties*, Biosci Rep. 2016; 36, 1-13; art:e00338.
- [2] X. Sheng, Y.C. Yung, A. Chen, J. Chun, *Lysophosphatidic acid signalling in development*, Development, 2015;142:1390-5.
- [3] M. Mukai, F. Imamura, M. Ayaki, K. Shinkai, T. Iwasaki, K. Murakami-Murofushi, et al., *Inhibition of tumor invasion and metastasis by a novel lysophosphatidic acid (cyclic LPA)*, Int J Cancer, 1999;81:918-22.

Ocena aktywności pochodnych fosfatydylocholiny i lizofosfatydylocholiny jako aktywatorów wydzielania insuliny przez komórki trzustki MIN6

Łukasz Biegała

Badania realizowane w ramach pracy magisterskiej pod kierownictwem
dr hab. Edyty Gendaszewskiej-Darmach, prof. PŁ

Opiekun: dr inż. Anna Drzazga

**Wydział Biotechnologii i Nauki o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. B. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź**

Cukrzyca typu 2, stanowiącą około 90% wszystkich przypadków tej choroby, charakteryzuje się przewlekłą hiperglikemią, spowodowaną zaburzeniem sekrecji insuliny przez komórki β trzustki, oraz opornością tkanek na działanie tego hormonu. Jedną z nowych strategii terapeutycznych może stać się zastosowanie związków bioaktywnych opartych na szkielecie lizofosfatydylocholiny (LPC), która posiada zdolność stymulacji wydzielania insuliny przez komórki β .

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę wytypowania najsilniejszych aktywatorów sekrecji insuliny w warunkach hiperglikemii spośród puli pochodnych lizofosfatydylocholiny i fosfatydylocholiny (PC), w których występujące naturalnie grupy acylowe kwasów tłuszczowych zastąpiono kwasami karboksyfenolowymi (anyżowym, cynamonowym lub weratrowym) lub ich metoksyłowymi pochodnymi. Badania poprzedzono analizą wpływu badanych związków na przeżywalność komórek trzustki MIN6 w celu wytypowania optymalnych, nietoksycznych stężeń. Potencjalne właściwości przeciw-cukrzycowe syntetycznych analogów PC i LPC oceniono na podstawie ich zdolność do potęgowania sekrecji insuliny stymulowanej glukozą w warunkach *in vitro*.

Pochodne LPC o najkorzystniejszych właściwościach biologicznych poddawane są obecnie dalszym badaniom z zastosowaniem antagonistów receptorów GPR40, GPR55 i GPR119 w celu zbadania ich roli w regulacji sekrecji insuliny za pośrednictwem właśnie tych receptorów błonowych i dokładniejszego scharakteryzowania ich działania w komórkach β trzustki w warunkach *in vitro*.

Genotoksyczność nowej trójcyklicznej pochodnej triazyny w wybranych komórkach człowieka in vitro

Mateusz Kciuk

Promotor: dr hab. Renata Kontek prof. UŁ

Opiekun: dr hab. Renata Kontek prof. UŁ

***Katedra Biotechnologii Molekularnej i Genetyki, Pracownia Cytogenetyki,
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Łódzki, ul. Pilarskiego 14/16, 90-231 Łódź***

Triazyny to heterocykliczne związki pierścieniowe, pochodne benzenu, w którym trzy atomy węgla zastąpione zostały atomami azotu. Pochodne triazyny, wykazują szereg aktywności biologicznych, m.in.. działanie przeciwgrzybicze, przeciwzapalne, hipotensyjne oraz przeciwnowotworowe. Celem pracy była ocena cytotoksyczności trójcyklicznej pochodnej układu pirazolo-triazyny (MM124) oraz oznaczenie poziomu uszkodzeń DNA w komórkach nienowotworowych L929 (fibroblasty podskórnej tkanki tłuszczowej myszy) oraz nowotworowych: HeLa (rak szyjki macicy), HT-29 (gruczolakorak jelita grubego), PC3 (rak gruczołu krokowego) po ekspozycji na badany związek.

- [1] M. Arshad i wsp., *1,2,4-triazine derivatives: Synthesis and biological applications*, International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR).
- [2] M. Jedrzejczak-Silicka, *History of cell culture*, doi: 10.5772/66905.
- [3] J. Krzysztoń-Russjan i wsp., *Porównanie użyteczności testów MTT i EZ4U stosowanych do oceny cytotoksyczności ksenobiotyków*, Farm Pol, 2009, 65(6): 395-402.
- [4] M.E. Forgue-Lafitte i wsp., *Proliferation of the human colon carcinoma cellline HT29: autocrine growth and deregulated expression of the c-myc oncogene*, Cancer Res. 1989 Dec 1;49(23):6566-71.
- [5] M.E. Kaighn, *Establishment and characterization of a human prostatic carcinoma cellline (PC-3)*, Invest Urol. 1979 Jul;17(1):16-23.
- [6] Stockert J.C. i wsp., *Tetrazolium salts and formazan products in Cell Biology: Viability assessment, fluorescence imaging, and labeling perspectives*, Acta Histochem. 2018 Apr;120(3):159-167. doi: 10.1016/j.acthis.2018.02.005.
- [7] M. Eskandani, *Comet Assay: A Method to Evaluate Genotoxicity of Nano-Drug Delivery System*, Vandghanooni S1, , Bioimpacts. 2011;1(2):87-97. doi: 10.5681/bi.2011.012.

Wpływ mikrootoczenia na wiązanie jonów żelaza (II) z flawonoidami

Anna Kluska

Promotor: prof. dr hab. inż. Lidia Gębicka

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

Flawonoidy, wtórne metabolity roślinne, to polifenole, których podstawową jednostką strukturalną jest struktura diarylopropanowa. Obecność i położenie grup hydroksylowych czy innych podstawników oraz wiązań podwójnych determinuje dużą bioróżnorodność tej grupy związków oraz ich aktywność biologiczną, m.in.: przeciwbakteryjną, przeciwutleniającą czy przeciwmiażdżycową. Jednym z mechanizmów aktywności przeciwutleniającej flawonoidów jest wiązanie (chelatowanie) jonów metali przejściowych, które zaangażowane są w produkcję reaktywnych form tlenu (RFT) [1]. Większość flawonoidów słabo rozpuszcza się w wodzie, są natomiast rozpuszczalne w alkoholach i w roztworach micelarnych. Micele tworzą się z amfifilowych związków zwanych surfaktantami, powyżej ich krytycznego stężenia micelnego (cmc).

W mojej pracy badałam reakcje wiązania jonów żelaza (II) przez następujące flawonoidy: apigeninę, kemferol, kwercetynę, morynę oraz rutynę w homogenicznym roztworze wodnym oraz w micelnym roztworze dodecylsiarczanu sodu (SDS). Analizowałam zmiany w widmach absorpcyjnych tych związków. Proces chelatowania badałam dla różnych stosunków stężeń jonów żelaza (II) do flawonoidu: 1:2, 1:1, 2:1 i 4:1, w pH fizjologicznym (7,4) oraz kwaśnym (5,0). Spośród badanych flawonoidów tylko kwercetyna oraz rutyna tworzą kompleksy z jonami żelaza (II) w pH 7,4. Kemferol, kwercetyna i moryna tworzą kompleksy z jonami żelaza (II) w pH 5,0. W roztworze micelnym SDS szybkość oraz wydajność procesu chelatowania jonów żelaza (II) przez kwercetynę, morynę i kemferol ulega zmianie, natomiast w rutynie pozostaje bez zmian. Apigenina jako jedyny z badanych flawonoidów nie tworzy kompleksu z jonami żelaza (II) w pH 5,0 lub 7,4.

[1] D. Malińska, A. Kiersztan, *Flawonoidy – charakterystyka i znaczenie w terapii*, Post Bioch, 2004, 50 (2), 182-196.

Nadekspresja partnerów białkowych geranylogeranylotransferazy Rab w systemie prokariotycznym

Patryk Krakowiak

Badania realizowane w ramach pracy magisterskiej pod kierownictwem
dr hab. Edyty Gendaszewskiej-Darmach, prof. PŁ

Opiekun: mgr inż. Aleksandra Marchwicka

***Wydział Biotechnologii i Nauki o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź***

Rab geranylogeranylotransferaza (RGGT) odpowiedzialna jest za potranslacyjną prenylację białek Rab. Białka te stanowią największą rodzinę małych monomerycznych GTPaz w komórkach eukariotycznych. Odgrywają kluczową rolę w regulacji transportu pęcherzyków wewnątrzkomórkowych oraz ich wydzielaniu do środowiska zewnątrzkomórkowego. Nieprawidłowa aktywność lub poziom RGGT oraz jej partnerów – białek Rab, może być powiązana z chorobami neurodegeneracyjnymi i zakaźnymi, a także z nowotworami. Przypuszcza się, że inhibicja procesu prenylacji tych białek, przeprowadzanego przez RGGT, mogłaby pozwolić na kontrolę poziomu funkcjonalnych białek Rab.

Celem prowadzonych prac eksperymentalnych jest opracowanie i optymalizacja metody ekspresji i oczyszczania partnerów białkowych RGGT w komórkach *Escherichia coli*, które zostaną później użyte do wzmocnienia sygnału podczas znakowania proteomu próbnikami zsyntetyzowanymi w oparciu o dotychczas wytypowane najaktywniejsze i selektywne fosfonokarboksyłanowe inhibitory RGGT.

Opracowanie metody oznaczania liponylizyny i kwasu liponowego w tkankach zwierzęcych

Katarzyna Kurpet

Promotor: dr hab. Grażyna Chwatko, prof. nadzw. UŁ

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

Kwas α -liponowy (LA) jest ośmiowęglowym, nasyconym kwasem tłuszczowym zawierającym w swej strukturze pierścień ditiolowy, który łatwo ulega redukcji tworząc kwas dihydroliponowy [1]. Początkowo uznawano go za jedną z witamin, jednak dalsze badania wykazały, że może on być syntetyzowany *de novo* we wszystkich żywych komórkach. Naturalnie LA występuje w postaci kowalencyjnego połączenia z grupą ϵ -aminową lizyny, tworząc liponylizynę (LLYS) [2]. LA jest związkiem o bardzo szerokim spektrum aktywności terapeutycznej i biologicznej. Niestety ilość tego związku produkowana przez organizm człowieka jest niewystarczająca do uzyskania zadowalających efektów leczniczych, w związku z czym należy go dostarczać ze źródeł zewnętrznych, takich jak pokarm. Do głównych produktów zawierających LLYS i LA zaliczyć można czerwone mięso oraz podroby zwierzęce, takie jak: wątroba, nerki oraz serce. Oszacowanie zawartości omawianych związków w pożywieniu jest niezwykle istotne dla oceny poziomu ich dziennego pobrania, zbilansowania przeciętnej diety oraz określenia jej prozdrowotnych aspektów [3].

Celem pracy było opracowanie metody oznaczania liponylizyny i kwasu liponowego w tkankach zwierzęcych z wykorzystaniem techniki wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją w zakresie nadfioletu. Przeprowadzone badania obejmowały w szczególności dobór odpowiedniego przygotowania próbki do analizy, w tym optymalizację warunków homogenizacji, hydrolizy, redukcji i derywatyzacji, a także walidację opracowanej metody. Prezentowana metoda charakteryzuje się dobrą liniowością, precyzją i dokładnością. Granice wykrywalności obliczone na podstawie stosunku sygnału do szumu ($S/N = 3$) wynosiły: 1,16 nmol/ml dla LA oraz 2,43 nmol/ml dla LLYS, natomiast granice oznaczalności ($S/N = 10$): 5,81 nmol/ml oraz 4,83 nmol/ml odpowiednio w przypadku LA i LLYS. Dokładność metody wyrażona jako % odzysku mieści się w przedziale 95,88 – 114,66% dla kwasu liponowego oraz 88,86 – 102,40% w przypadku oznaczania liponylizyny.

- [1] D. Malińska, K. Winiarska, *Kwas liponowy – charakterystyka i zastosowanie w terapii*, Postepy Hig. Med. Dośw. 59 (2005) 535-543.
- [2] A. Skorupa, S. Michałkiewicz, *Kwas α -liponowy – antyutleniacz antyutleniaczy – właściwości i metody oznaczania*, Wiad. Chem. 71 (2017) 817-842.
- [3] M.J. Turkowicz, J. Karpińska, *Analityczne problemy ilościowego oznaczania witamin A, E, koenzymu Q_{10} i kwasu liponowego w próbkach biologicznych*, LAB 16 (2011) 24-32.

**Wstępna charakterystyka fizykochemiczna piomelaniny
Pseudomonasaeruginosa i jej interakcje z komórkami bakteryjnymi
i eukariotycznymi**

Mateusz M. Urbaniak

Promotor: prof. dr hab. Magdalena Mikołajczyk-Chmiela

Opiekun: mgr Weronika Gonciarz

***Pracownia Gastroimmunologii, Katedra Immunologii i Biologii Infekcyjnej,
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Łódzki, ul. Pilarskiego 14/16 90-231 Łódź***

Wstęp. Piomelanina to amorficzny brązowo-czarny barwnik cechujący się wysoką masą cząsteczkową, który powstaje w wyniku oksydatywnej polimeryzacji kwasu homogentyzynowego w komórkach bakterii. **Cel.** Celem pracy było określenie podstawowych właściwości fizykochemicznych, cytotoksycznych względem komórek eukariotycznych i bakteryjnych oraz proregeneracyjnych piomelaniny wyizolowanej z *Pseudomonasaeruginosa*.

Materiały i metody. Piomelaninę otrzymano ze szczepu *P.aeruginosa* Mel+ o wysokiej zdolności do syntezy tego barwnika. Właściwości chemiczne oceniano na podstawie reakcji piomelaniny z substancjami utleniającymi (H_2O_2 , NaClO, $KMnO_4$) oraz redukującymi (K_2SO_3 , $Na_2S_2O_3$). Rozpuszczalność wyznaczano w trzech grupach solwentów: polarnych, polarnych aprotowych oraz niepolarnych, w różnym pH. Termostabilność badano w temperaturach: 500°C (1 min.); 121°C (15 min.); 100°C, 80°C, 60°C, 4°C (60 min.). Właściwości cytotoksyczne oceniano wobec mysich fibroblastów linii L929 w teście redukcji MTT lub resazuryny, a migrację komórek w tzw. „teście gojenia rany”. Aktywność przeciwdrobnoustrojową wyznaczono na referencyjnych szczepach bakterii Gram-dodatnich lub Gram-ujemnych oraz drożdżach metodą seryjnych rozcieńczeń w bulionie z wyznaczeniem MIC, MBC i MFC lub redukcji resazuryny.

Wyniki. Wykazano dekoloryzację barwnika przez silne utleniacze, a precypitację przez substancje redukujące, rozpuszczalność w roztworach silnych zasad (NaOH) i stabilność w zakresie temp. 4°C-121°C. Piomelanina nie była cytotoksyczna poniżej stężenia 1024 µg/ml. W zakresie stężeń 32-1 µg/ml stymulowała komórki do migracji. Hamowała wzrost *Helicobacter pylori* (MIC=MBC= 64 µg/ml).

Wnioski. Wykazano, że piomelanina posiada jednocześnie właściwości redukujące i utleniające. Jej rozpuszczalność jest niezależna od polarności rozpuszczalnika. Barwnik cechuje się wysoką termoodpornością. Niska cytotoksyczność i stymulacja migracji komórek pozwala rozpatrywać piomelaninę jako potencjalny środek wspomagający gojenie ran. Aktywność przeciwbakteryjna przeciwko *H. pylori* skłania do dalszych badań nad składem chemicznym piomelaniny i jej wykorzystaniem jako środka wspomagającego leczenie takich zakażeń wywołanych przez szczepy antybiotykooporne.

- [1] L.M., S.L. Bardy, *Methods to Inhibit Bacterial Pyomelanin Production and Determine the Corresponding Increase in Sensitivity to Oxidative Stress*, "Journal of Visualized Experiments", 2015, 102: 1-9.
- [2] H. Mahmood, A. Mohammed, M. Fleih, *Cytotoxic Effect of Pyomelanin Pigment Produced from Local Pseudomonas aeruginosa Isolates on Different Cell Lines Using MTT Assay*, "Iraqi Journal of Biotechnology", 2016, 1: 46-52.

Wpływ preparatu Regalis® na aktywność antyoksydacyjną w liściach ogórka siewnego

Katarzyna Mielczarz

Promotor: prof. dr hab. Maria Skłodowska

Opiekun: mgr Małgorzata Żyźniewska

***Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Fizjologii i Biochemii Roślin,
Uniwersytet Łódzki, ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź***

Substancją czynną komercyjnego preparatu Regalis® jest proheksadion wapnia (Pro-Ca), który z uwagi na hamowanie syntezy giberelin zaliczany jest do regulatorów wzrostu roślin. Ostatnio prowadzone badania wykazały, że związek ten hamuje aktywność 3-hydroksylazy flawonowej, co prowadzi do pojawienia się alternatywnych ścieżek w metabolizmie związków fenolowych i może mieć znaczenie w elicytacji efektywnej obrony przed infekcją (Ozbay i Ergun 2015). Peroksydazy (POX) są enzymami z klasy oksydoreduktaz występującymi powszechnie w komórkach roślinnych. Enzymy te zaangażowane są w wiele procesów fizjologicznych m.in. lignifikację i suberynizację ściany komórkowej czy syntezę fitoaleksyn i etylenu. POX zlokalizowane są w wakuoli, ścianie komórkowej oraz cytozolu, katalizują reakcję utleniania wielu różnych substancji, takich jak: gwajakol, syringaldazyna, katechol czy katechina. Peroksydaz askorbinianowa (APX) jest kluczowym enzymem usuwającym nadmiar nadtlenku wodoru w cyklu Halliwell-Asady, katalizuje reakcję redukcji nadtlenku wodoru do wody z wykorzystaniem kwasu askorbinowego jako donora elektronów. Enzym ma podstawowe znaczenie dla utrzymania równowagi pro- i antyoksydacyjnej komórki roślinnej, a przez to bezpośrednio wpływa na pH środowiska wewnątrzkomórkowego i przebieg metabolizmu (Almagro i in. 2009, Ceverzan i in. 2012).

Celem badań było określenie aktywności APX, peroksydazy oznaczanej wobec gwajakolu (GPX) oraz syringaldazyny (SPX) w liściach trzeciego piętra roślin traktowanych oraz nietraktowanych roztworem wodnym preparatu Regalis® o stężeniu 100 mg/L oraz 200 mg/L w przeliczeniu na składnik aktywny. Pomiary były wykonywane w siódmym dniu po traktowaniu. W obydwóch zastosowanych stężeniach Pro-Ca, w badanych tkankach wykazano wzrost aktywności GPX o około 120% w porównaniu z roślinami nietraktowanymi. W przypadku SPX wzrost aktywności w stosunku do kontroli wynosił odpowiednio 43% dla stężenia 100 mg/L i 48% dla stężenia 200 mg/L. Zmiany aktywności APX stwierdzono tylko w liściach elicytowanych roztworem o stężeniu 100 mg/L, aktywność ta była wyższa o około 80% w stosunku do kontroli.

[1] N. Ozbay, N. Ergun, "Pesquisa Agropecuaria Brasileira", 201550: 932-938.

[2] L. Almagro, L.V. Gomez-Ros, S. Belchi-Navarro, R. Bru, A. Ros Barcello, M.A. Pedreno, "Journal of Experimental Botany", 2009, 60: 377-390.

[3] A. Ceverzan, G. Passaia, S.B. Rosa, C.W. Ribeiro, F. Lazzarotto, M. Margis-Pinheiro, 2012, "Genetics and Molecular Biology" 35: 1011-1019.

Wpływ silseskwioksanów na właściwości przeciwnowotworowe antracyklin

Kinga Piórecka, Jan Kurjata, Włodzimierz Stańczyk, Maciej Stańczyk, Urszula Steinke, Bartłomiej Kost, Irena Bąk-Sypień, Ewa Radzikowska-Cieciura

Promotor: prof. dr hab. Włodzimierz A. Stańczyk

***Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk w Łodzi,
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź***

Obecnie wiele nanocząsteczek, takich jak polimery, dendrymery lub liposomy, jest badanych jako nośniki w systemach dostarczania leków. Chociaż wydają się być obiecującymi w terapii celowanej, nadal istnieją poważne problemy związane ze skutkami ubocznymi, słabą skutecznością i wysokimi kosztami. Naszą propozycją jest sprzęganie silseskwioksanów (POSS) z antracyklinami, które ma na celu aktywny transport tych leków do komórek nowotworowych, minimalizowanie takich ograniczeń, jak kardiotoxyczność, niestabilność lub uwalnianie leku do miejsc niepożądanych [1]. POSS to nanometrowe, nietoksyczne związki krzemoorganiczne zawierające osiem naroży, które można łatwo funkcjonalizować. W prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań rozpuszczalnych w wodzie nanokoniugatów antracyklin z silseskwioksanami (POSS). Koniugaty te zawierają doksorubicynę bądź daunorubicynę połączone z POSS za pomocą wiązania estrowego i amidowego. Dodatkowo do naroży silseskwioksanów przyłączone zostały PEGi o różnej długości łańcucha w celu porównania ich wpływu na rozpuszczalność i działanie przeciwnowotworowe związanych leków. W innym podejściu przedstawione będą również koniugaty POSS z lekami oddziaływujące ze sobą za pomocą wiązań innych niż kowalencyjne.

Przedstawione badania były finansowane z grantu NCN nr UMO-2016/21/N/ST5/03360.

[1] A. Janaszewska, K. Gradzińska, M. Marcinkowska, B. Klajnert-Maculewicz, W.A. Stanczyk, *Materials*, 8(9) 2015 6062-6070.

Badania strukturalne psychrofilnej aminotransferazy aminokwasów aromatycznych w kompleksach z analogami substratów

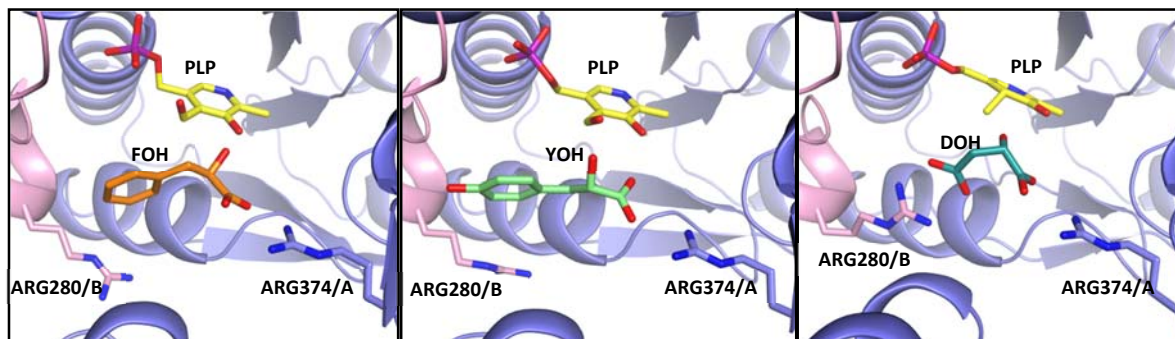
Jędrzej Rum

Promotor: dr hab. Anna Bujacz prof. PŁ

*Instytut Biochemii Technicznej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź*

Struktury krystaliczne białek pozwalają na poszerzenie wiedzy o centrach aktywnych enzymów, miejscach wiążących różne ligandy, sposobach oddziaływań przeciwciał z antygenem, a także na projektowanie leków i poznanie strukturalnych właściwości adaptacyjnych makromolekuł do działania w specyficznych warunkach. Strukturalne badania prowadzone nad psychrofilną aminotransferazą aminokwasów aromatycznych z *Psychrobacter* sp. B6 (PsyArAT) pozwoliły na dokładną analizę centrum aktywnego tego enzymu, umożliwiając głębsze poznanie mechanizmu reakcji i zmian konformacyjnych zachodzących w jej trakcie.

W tym celu dokonano kokrystalizacji PsyArAT z inhibitorami kompetycyjnymi, będącymi hydroksyanalogami substratów enzymu: tyrozyny (YOH), fenyloalaniny (FOH) oraz kwasu asparaginowego (DOH). Dane dyfrakcyjne kompleksów zarejestrowano na linii 14.2 synchrotronu BESSY w Berlinie i przepracowano programem XDS w grupie przestrzennej P2₁ do rozdzielczości 2,35Å dla PsyArAT/YOH i 2,50Å dla PsyArAT/FOH, natomiast dla PsyArAT/DOH w grupie przestrzennej P6₅22 do wysokiej rozdzielczości 1,62Å.



Rys. 1. Oddziaływania w centrum aktywnym PsyArAT utworzone kolejno przez kwas 3-fenylolekowy (FOH), kwas 3-hydroksyfenylolekowy (YOH) oraz kwas jabłkowy (DOH)

Zastosowanie inhibitorów kompetycyjnych o rozmiarze i charakterze chemicznym podobnym do substratów dało możliwość zbadania centrum enzymu w stadium podobnym do mającego miejsce w trakcie reakcji transaminacji.

Badania były finansowane przez Narodowe Centrum Nauk z grantu: 2016/21/B/ST5/00555.

- [1] M. Woźniak, M. Koziółkiewicz, „Biotechnology”, 2005, 4, 68-81.
- [2] A. Bujacz, M. Rutkiewicz-Krotewicz, K. Nowakowska-Sapota, M. Turkiewicz, „Acta Crystallographica D: Biological Crystallography”, 2015, 71, 532-645.

Ocena wpływu wybranych uniepalniaczy bromofenolowych na indukcję jedno- i dwuniciowych pęknięć DNA w jednojądrzastych komórkach krwi obwodowej człowieka

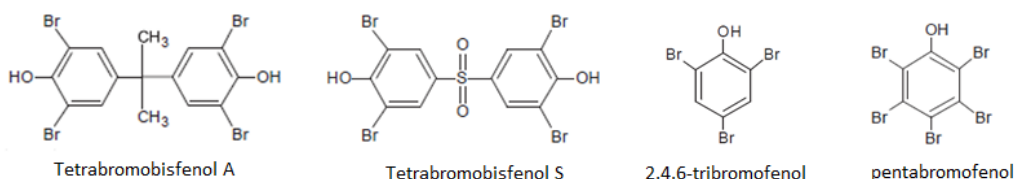
Agnieszka Woźniak

Promotor: dr hab. Jaromir Michałowicz, prof. nadzw. UŁ

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

Bromowane uniepalniacze są wykorzystywane głównie do ograniczania palności materiałów przemysłowych. Wykazano, że substancje te mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wybranych uniepalniaczy bromofenolowych, tj.: tetrabromobisfenolu A (TBBPA), tetrabromobisfenolu S (TBBPS), 2,4,6-tribromofenolu (2,4,6-TBP) oraz pentabromofenolu (PBP) na stopień uszkodzeń DNA jednojądrzastych komórek krwi obwodowej człowieka.



Komórki wyizolowano z kożuszka leukocyтарно-пłytkowego pozyskanego z krwi zdrowych dawców pobranej w Regionalnym Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa w Łodzi. Do oceny uszkodzeń materiału genetycznego, tj. pęknięć jedno- i dwuniciowych posłużyła metoda kometowa.

Wyniki analiz wykazały, że wszystkie badane związki spowodowały pęknięcia jedno- i dwuniciowe w jednojądrzastych komórkach krwi obwodowej człowieka (inkubowanych przez 24 godziny), przy czym TBBPA spowodował najsilniejsze uszkodzenia struktury DNA, a TBBPS najsłabsze. Wykazano, że stopień uszkodzeń DNA wzrastał wraz ze wzrostem zastosowanego stężenia związku; badane substancje indukowały najmniejsze zmiany w stężeniu 0,1 µg/ml, największe w stężeniu 10 µg/ml.

Uzyskane wyniki wskazują, że uniepalniacze bromofenolowe uszkadzają materiał genetyczny poprzez indukowanie jedno- i dwuniciowych pęknięć DNA. TBBPA jako związek stosowany na największą skalę w przemyśle (spośród badanych w pracy uniepalniaczy) spowodował najsilniejsze uszkodzenia materiału genetycznego.

- [1] M. Jarosiewicz, P. Duchnowicz, A. Włuka, B. Bukowska, *Evaluation of the effect of brominated flame retardants on hemoglobin oxidation and hemolysis in human erythrocytes*, "Food and Chemical Toxicology", 2017, 109: 264-271.
- [2] J. Michałowicz, *Bisphenol A – sources, toxicity and biotransformation*, "Environmental Toxicology and Pharmacology", 2014, 37: 738-758.

Pro-fluorescencyjny boronowy próbnik antracenowej pochodnej oksazolonu jako narzędzie do oznaczania reaktywnych form tlenu i azotu

Aneta Zwolińska

Promotor: dr hab. Radosław Podsiadły, prof. PŁ

Opiekun: dr Marcin Szala

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

Oddziaływanie reaktywnych form tlenu na organizm jest obiektem wielu badań związanych z tak zwanym stresem oksydacyjnym [1]. Powiązanie reaktywnych form tlenu z powstawaniem wielu chorób przewlekłych skierowało zainteresowanie naukowców w kierunku przeciwutleniaczy, jako związków o potencjalnym działaniu wspomagającym leczenie tych chorób. Zasadnym stało się poszukiwanie metod pozwalających na skuteczne oznaczanie reaktywnych form tlenu, które pozwoliłyby na jednoczesne określenie skuteczności działania antyoksydantów. Do reaktywnych form tlenu należą np. H_2O_2 , tlen singletowy, a do reaktywnych form azotu np. nadtlenoazotyn.

Oznaczanie zawartości reaktywnych form tlenu, a także aktywności przeciwutleniającej stosowanych przeciwutleniaczy może być badane z zastosowaniem próbników fluorescencyjnych. Grupą próbników, która cieszy się dużym zainteresowaniem, są próbki boronowe, uważane za wszechstronne narzędzie służące do wykrywania reaktywnych form tlenu i azotu. Ich działanie opiera się na utleniającym przekształceniu próbki boronowego charakteryzującego się brakiem lub słabą fluorescencją do silnie fluorescencyjnych produktów [2]. Celem badań było otrzymanie próbki boronowego opartego na antracenowej pochodnej oksazolonu (AOX-BOR), który pozwoliłby na oznaczanie reaktywnych form tlenu i azotu. Wybór tej grupy związków podyktowany był przesunięciem absorpcji produktów reakcji próbki z reaktywnymi formami tlenu i azotu w kierunku barwy czerwonej [3]. W ramach badań określone zostały właściwości spektroskopowe otrzymanego próbki i produktów jego utleniania oraz przeprowadzone zostały badania aktywności AOX-BOR względem nadtlenku wodoru, kwasu chlorowego(I) oraz nadtlenoazotynu.

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu SONATA BIS nr 2016/22/E/ST4/00549.

- [1] I. Koss-Mikołajczyk, M. Baranowska, J. Namieśnik, A. Bartoszek, *Postępy Higieny i Medycyny doświadczalnej*, 2017, 71, 1-16.
- [2] H.S. Wang, *Trends in Analytical Chemistry*, 2016, 85, 181-202.
- [3] G. Ozturk Urut, S. Alp, D. Topkaya, *Dyes and Pigments*, 2017, 145, 103-109.

Zastosowanie psychrofilnej oksydazy monoaminowej *Geomyces* sp. P3 w biotransformacjach amin

Adrianna Antosik

Badania realizowane w ramach pracy magisterskiej pod kierownictwem
mgr inż. Igi Jodłowskiej i dr hab. inż. Anety Białkowskiej

***Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź***

Oksydazy monoaminowe należące do klasy oksydoreduktaz katalizują reakcję oksydacyjnej deaminacji amin z wykorzystaniem kofaktora flawinowego FAD. Reakcja ta przebiega dwuetapowo, w pierwszym po odszczepieniu dwóch wodorów z substratu powstaje iminowy intermediat, który następnie ulega spontanicznej hydrolizie do odpowiedniego ketonu lub aldehydu. Produkty tej biotransformacji są niezwykle interesujące i można je wykorzystać w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym i chemicznym. Obecnie substancje te są otrzymywane głównie na drodze syntez chemicznych, które prowadzone są wieloetapowo i wymagają stosowania szkodliwych katalizatorów. Dlatego też doskonałą alternatywą stają się biokatalizatory, które minimalizują użycie związków chemicznych, ograniczając tym samym negatywny wpływ na środowisko oraz wpływają na ekonomikę procesów poprzez prowadzenie ich w niższej temperaturze.

Celem prowadzonych prac eksperymentalnych jest izolacja, oczyszczenie i określenie specyficzności substratowej oksydazy monoaminowej wyizolowanej z psychrofilnych pleśni *Geomyces* sp. P3 wobec aminowych substratów, które stanowią dużą wartość dodaną do przemysłu spożywczego. Należy wyraźnie podkreślić, iż jest to pierwsza, jak dotąd opisana w literaturze oksydaza monoaminowa adaptowana do działania w niskich temperaturach. Jego dużą zaletą jest stosunkowo wysoka aktywność w niskim zakresie temperatur, tj. wykazuje odpowiednio od 25% do 75% aktywności w temperaturze z zakresu 0-20°C oraz enancjoselektywność działania.

Transfer pestycydów w procesie przetwarzania owoców malin na sok i przecier

Dominika Celeda

Promotor: dr inż. Michał Sójka

**Wydział Biotechnologii i Nauki o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź**

Celem pracy było zbadanie transferu pestycydów w procesie przetwarzania owoców malin na sok i przecier oraz sprawdzenie hipotezy wskazującej, że pozostałości pestycydów pozostają w produktach ubocznych produkcji soku i przecieru, tj. w wytlókach.

Produkcję soków i przecierów wykonano w warunkach imitujących warunki przemysłowe tj. zmielona miazgę poddawano depektynizacji w określonych warunkach, a następnie tłoczeniu lub przecieraniu. Przed przystąpieniem do przerobu owoców, dodano do nich znaną ilość pestycydów. Zbadano transfer dla pestycydów najczęściej stosowanych w ochronie maliny tj.: cyprodynil, boskalid, fenheksamid, fludioksonil i pirymetanol [1]. Analizę zawartości tych związków wykonano w oparciu o techniki QuEChERS i LC-MS [2].

Na podstawie uzyskanych danych wykazano, że stężenie pestycydów w wytlókach, w porównaniu do owoców jest o 8-36% większe. Szczególnie widoczne jest to w przypadku boskalidu i fenheksamidu, których stężenie w wytlókach było o ponad trzy razy większe niż w owocach. Analizując sok i przecier stwierdzono że średni transfer pestycydów do soku wynosił 16%, a do przecieru 30%. Pestycydem, który w największej ilości migrował do gotowych produktów był boskalid, którego średni transfer wynosił 56%. Porównując sok i przecier zauważa się, iż większe stężenie pestycydów występuje w drugim z badanych produktów. Przeprowadzone badania potwierdziły postawioną hipotezę, że pestycydy w procesie produkcji soków i przecierów koncentrują się głównie w produktach odpadowych tj. w wytlókach.

- [1] B. Łozowicka, P. Kaczyński, M. Jankowska, E. Rutkowska, I. Hrynko and A. Paritowa, *Pesticideresidues in raspberries and their risk assessment*, "International Food Research Journal" 21(2), 2014, s: 663-672.
- [2] PN – EN 15662:2008 Foods of plant origin. Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE. QuEChERS-method.

Wpływ preparatów z *Viburnumopulus* na proces migracji komórek

Katarzyna Chałaskiewicz

Promotor: dr inż. Małgorzata Zakłós-Szyda

***Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Biochemii Technicznej,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź***

Jednym z najpowszechniej występujących nowotworów jest rak piersi – tylko w 2018 roku odnotowano 2 miliony nowych przypadków zachorowań w Ameryce Północnej. Choroba ta często związana jest także z rozprzestrzenieniem zmian nowotworowych na inne organy, poprzez tworzenie tzw. przerzutów [1]. Proces ten jest uwarunkowany włączeniem szeregu szlaków molekularnych w komórce, uruchamiających ekspresję białek kluczowych w procesie migracji.

Dane literaturowe donoszą o możliwości hamowania procesu migracji komórek poprzez fitozwiązki, w szczególności polifenole. Wykazano, iż wiele związków wzorcowych, jak kurkumina, galusanepigallokatechiny (ECGC), resweratrol wykazują wpływ na migrację komórek poprzez regulację ekspresji genów enzymów degradujących składniki macierzy zewnątrzkomórkowej ECM (jak MMP-9, MT1-MMP i MMP-2), czynników transkrypcyjnych (tj. NF- κ B i AP-1), czy też blokowanie ścieżek sygnałowych VEGF (ang. *vascular endothelial growth factor*), EGF (ang. *transforming growth factor*) i FGF (ang. *fibroblast growth factor*) [2]. Sok z *Viburnumopulus* jest bogatym źródłem polifenoli, dlatego celem niniejszej pracy, jest określić wpływ preparatów polifenolowych z owoców kaliny koralowej na przeżywalność ludzkich komórek linii nowotworowych raka sutka MCF-7 i MDA-MB-23, jak również określić wpływ preparatów na migrację komórek. Jako model komórek prawidłowych wykorzystane zostały ludzkie komórki HUVEC. Przy pomocy testu Presto Blue określono cytotoksyczność preparatów, zaś ich wpływ na migrację komórek zbadano testem Oris. Poziom wewnątrzkomórkowego stresu oksydacyjnego określono sondą DCFH-DA, a z wykorzystaniem RT²-PCR określono wpływ preparatów na poziom ekspresji genów odpowiedzialnych za kodowanie białek związanych z migracją.

[1] American Cancer Society. Breast Cancer Facts & Figures 2017-2018. Atlanta: American Cancer Society, Inc. 2017.

[2] M.F. Fernanda Roleira, E.J. Tavares-da-Silva, L.C. Varela, C.S. Costa, T. Silva, J. Garrido, F. Borges, *Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties*, "Food chemistry" 2015, 183:235-258.

Dobór warunków fermentacji etanolowej soku z buraka ćwikłowego

Dawid Dygas

Promotor: dr hab. inż. Piotr Dziugan

**Wydział Biotechnologii i Nauki o Żywności,
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź**

W produkcji żywności stawiany jest nacisk na podtrzymanie wysokiej atrakcyjności wizualnej, które skutkuje podniesieniem zysków ze sprzedaży. Dla utrwalenia wyglądu, do pokarmów dodaje się barwniki roślinne. Idealnym źródłem czerwonych i żółtych barwników betalainowych (Betanina i Wulgaksantyna) są buraki ćwikłowe. Surowy sok z buraka nie może zostać dodany bezpośrednio do produktu, ze względu na obecność substancji zanieczyszczających tj. woda, cukry, białka oraz substancje mineralne. W zależności od formy pożądanego preparatu barwnikowego, dany składnik zmienia swoją użyteczność (preparaty sproszkowane, preparaty płynne, ekstrakty barwnikowe). Istnieje wiele metod izolacji substancji barwnikowych z soku buraka ćwikłowego, które są powszechnie stosowane w przemyśle. Takimi metodami są zagęszczanie poprzez odparowanie, suszenie do sproszkowanej formy, ekstrakcja rozpuszczalnikami, rozdział chromatograficzny. Wraz ze zwiększeniem czystości gotowego preparatu barwnikowego, wzrasta również jego cena handlowa. Dla uzyskania najwyższej rentowności produkcji barwników, przedsiębiorstwa optymalizują metody izolacji. Technika stosowana przez winiarnię Vin-Kon S.A. wykorzystuje proces fermentacji alkoholowej w celu usunięcia cukrów z roztworu, a następnie usunięcie etanolu w procesie destylacji, który zostaje ponownie wykorzystany przy produkcji win wzmacnianych. Celem prowadzonych badań jest optymalizacja procesu fermentacji w celu usunięcia maksymalnej ilości cukrów i utrzymania największej stabilności barwników poprzez zastosowanie różnych szczepów drożdży: *Metschnikowia pulcherrima*, *Scheffersomyces stipitis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces lactis* oraz *Saccharomyces cerevisiae*.

Badania wykonane w ramach projektu badawczego na zlecenie firmy Vin-Kon S.A.

- [1] P.S. Grewal, C. Modavi, Z.N. Russ, N.C. Harris, J.E. Dueber, *Bioproduction of a betalain color palette in Saccharomyces cerevisiae*, "Metabolic Engineering" 2018, 45: 180-188.
- [2] K.M. Herbach, F.C. Stintzing, R. Carle, *Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects*. "Journal of Food Science" 71(4), 2006, 41-50.
- [3] O.V. Nistor, L. Seremet, D.G. Andronoiu, L. Rudi, E. Botez, *Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot*. "Food Chemistry" 2017, 236: 59-67.
- [4] A. Spórna-Kucab, S. Ignatova, I. Garrard, S. Wybraniec, *Versatile solvent systems for the separation of betalains from processed Beta vulgaris L. juice using counter-current chromatography*, "Journal of Chromatography" 2013 B, 941: 54-61.

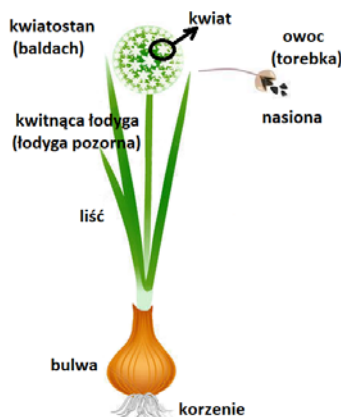
Charakterystyka składu chemicznego cebuli zwyczajnej podczas kwitnienia

Joanna Grzybowska

Promotor: dr inż. Katarzyna Grzelak-Błaszczyk

**Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Instytut Technologii i Analizy Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź**

Cebula zwyczajna (*Allium cepa* L.) pod względem taksonomicznym należy do rodziny Alliaceae, do rodzaju *Allium* L. Cebula zwyczajna jest rośliną dwuletnią, w pierwszym roku formuje piętke, z której z jednej strony rozwijają się korzenie, a z drugiej rurkowate liście, czyli szczypior. W drugim okresie wegetacyjnym roślina kwitnie, pojawiają się kuliste kwiatostany i wydaje nasiona. Cebulę uprawia się zazwyczaj z nasion, a w jej rozwoju wyróżnia się szereg faz. Oznaką dojrzałości cebuli jest zasychanie i załamywanie szczypioru, które sygnalizuje termin zbioru. W okresie zimowego przechowywania w cebuli zachodzą zmiany, które prowadzą do wytworzenia zaczątków pędów kwiatostanowych [3,4].



Rys. 3. Części morfologiczne cebuli zwyczajnej
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1,2,3,4].

Celem niniejszej pracy była ocena zawartości i zmienności składu chemicznego w różnych częściach morfologicznych cebuli podczas kwitnienia. Materiał badawczy stanowiły cztery części morfologiczne tj. nasiona, torebka, łodyga pozorną oraz bulwa cebuli zwyczajnej odmiany Alonso, Hysky, Robusta i Hystore. W badanym materiale oznaczono zawartość suchej substancji, białka ogółem, tłuszczu, całkowitego błonnika pokarmowego oraz popiołu ogólnego standardowymi metodami AOAC, a łączną zawartość węglowodanów wyliczano z różnicy pozostałych oznaczonych składników.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nasiona cebuli są bogatym źródłem białka (23,93-25,97 %) oraz tłuszczu od 9,75 do 15,32%. W łodydze pozornej wykazano duże ilości błonnika pokarmowego (61,53-70,35%), z kolei torebka charakteryzuje się wysoką zawartością popiołu ogółem od 8,79 do 11,08%, a także węglowodanów (13,22-26,03%).

[1] <https://pl.depositphotos.com/207985460/stock-illustration-cycle-growth-plant-onion-isolated.html> [dostęp: 12.05.2019].

[2] <https://pl.dreamstime.com/etap-%C5%BCycia-cebula-image119128882> [dostęp: 12.05.2019].

[3] A. Małachowski, *Warzywa cebulowe*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1977, s. 12-17.

[4] J. Rumpel, *Uprawa cebuli*, Hortpress, Warszawa 2000, s. 12, 80.

Związki fenolowe jarmużu czerwonego

inż. Bartłomiej Kantyka

Promotor: dr hab. inż. Anna Podsędek

Opiekun: mgr inż. Dominika Polka

***Instytut Biochemii Technicznej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź***

Żywność pochodzenia roślinnego, w tym warzywa i ich przetwory, są dla człowieka źródłem związków o działaniu prozdrowotnym. Coraz więcej dowodów wskazuje, iż zwiększona konsumpcja warzyw kapustnych zmniejsza ryzyko występowania niektórych rodzajów nowotworów i chorób sercowo-naczyniowych, co jest ściśle związane z obecnością naturalnych przeciwutleniaczy oraz glukozyzolanów. Do substancji o właściwościach przeciwutleniających zaliczane są m.in. związki fenolowe. W grupie warzyw kapustnych wysokim potencjałem przeciwutleniającym charakteryzuje się jarmuż (*B. oleracea* L. var. *sabellica* L.). Niestety, w Polsce popularność jarmużu w porównaniu np. do kapusty głowiastej, kalafiora, kapusty brukselskiej i brokułu jest nieznaczna. Opublikowane dane dotyczą głównie składu i właściwości jarmużu o zielonych liściach. Tymczasem liście jarmużu mogą być wybarwione także na kolor fioletowo-zielony lub fioletowo-brązowy z powodu obecności barwników antocyjanowych.

Celem niniejszej pracy było określenie profilu fenolowego oraz potencjału antyoksydacyjnego jarmużu odmiany Scarlet, który charakteryzuje się purpurowo-fioletowymi, kędzierzawymi liśćmi. Ze względu na duże zróżnicowanie strukturalne naturalnych związków fenolowych do ich wydzielenia ze zliofilizowanego warzywa zastosowano różne warianty ekstrakcji. W I etapie ekstrakcji stosowano 50% metanol lub 50% etanol zakwaszone kwasem solnym, bądź metanol. II etap ekstrakcji prowadzono acetonem, zaś w III ekstrakcji zakwaszony kwasem octowym 70% aceton. W uzyskanych ekstraktach oznaczano metodami spektrofotometrycznym i zawartość polifenoli ogółem i antocyjanów, a także profil fenolowy metodą UPLC/MS. Aktywność antyoksydacyjną określoną dwiema metodami, jako efektywność zmiatania wolnego kationorodnika ABTS^{•+} i zdolność do redukcji jonów żelaza(III), wyrażono w równoważnikach troloksu.

Najwydajniejszym ekstrahentem związków fenolowych ogółem, w tym antocyjanów, okazał się zakwaszony metanol. Ponadto wykazano, że około 85% związków fenolowych wydzielono z materiału roślinnego już w I etapie procesu ekstrakcyjnego z użyciem zakwaszonych alkoholi, ale tylko około 50%, gdy zastosowano metanol. Dominującymi składnikami fenolowymi analizowanego jarmużu okazały się kwasy hydroksycynamonowe stanowiące 68.1-75.0% sumy związków fenolowych oznaczonych metodą UPLC. Najwyższy potencjał antyoksydacyjny uzyskano w przypadku użycia zakwaszonego metanolu jako czynnika ekstrakcyjnego. Wyniki analizy MS potwierdziły obecność w jarmużu acylowanych pochodnych cyjanidyny, kwercetyny oraz kemferolu.

Wyznaczenie progu toksyczności nanocząstek CeO₂ w stosunku do grochu (*Pisum sativum* L.) na podstawie zmian parametrów biochemicznych

Monika Pietrzak

Opiekun: prof. dr hab. inż. Wojciech Wolf

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

Stan środowiska naturalnego jest jednym z głównych czynników wpływających na gospodarkę mineralną roślin. Organizmy te, oprócz istotnych mikro i makroelementów, są w stanie pobierać i asymilować związki, które w zależności od stężenia mogą być dla nich toksyczne. Obserwowany w ostatnich latach gwałtowny wzrost produkcji i możliwości aplikacyjnych nanocząstek, zwiększa ryzyko ich niekontrolowanego przedostawania się do środowiska. Akumulacja w glebie czy wodach gruntowych wysoce reaktywnych cząstek w sposób nieunikniony prowadzi do ich oddziaływania z organizmami żywymi. Asymilacja nanocząstek przez organy roślin, zwłaszcza gatunków uprawnych, stwarza możliwość włączenia tego rodzaju materiałów w sieci troficzne, co ostatecznie generuje nieokreślone dotąd ryzyko dla zdrowia człowieka [1]. Nanocząstki tlenku ceru są obecnie jednymi z najliczniej produkowanych nanomateriałów. Dzięki unikatowym właściwościom katalitycznym i optycznym, znalazły zastosowanie w filtrach słonecznych, materiałach polerskich, mikroelektronice a także dodatkach do olejów napędowych [2]. Dane literaturowe dowodzą, że rocznie produkowanych jest blisko 1255 ton nanocząstek CeO₂ przeznaczonych wyłącznie do produkcji nanokatalizatorów, z czego aż 6% przedostanie się do środowiska [3]. Biorąc pod uwagę dalszy rozwój nanotechnologii, ilość uwalnianych do wody, gleby czy powietrza nanocząstek budzi coraz większe obawy naukowców.

W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki eksperymentu polegającego na hydroponicznej uprawie roślin w warunkach indukowanego stresu chemicznego wywołanego nanocząstkami CeO₂ stężeniami: 100 i 500 mg/L Ce. Efekt toksyczny badanego stresora oceniono na podstawie parametrów wzrostu roślin, zawartości barwników asymilacyjnych w liściach, a także ingerencji w gospodarkę mineralną. Stopień akumulacji pierwiastków (Cu, Zn, Mn, Fe i Mg) w organach roślin określono za pomocą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją w płomieniu palnika (FAAS), po uprzednim zmineralizowaniu próbek. Suplementacja roztworu pożywki nanocząstkami CeO₂ wywołała ograniczenie wzrostu korzeni. Wyniki analizy chemicznej wykazały istotne zaburzenie gospodarki mineralnej roślin wywołane obecnością stresorów. Charakter zmian i ich intensywność ściśle zależały od dawki stresora.

[1] C.M. Rico i wsp., *J. Agric. Food Chem.*, 2011, 59, 3485-3498.

[2] L. Rossi i wsp., *Environ. Pollut.*, 2016, 219, 28-36.

[3] B. Park i wsp., *Inhal. Toxicol.*, 2008, 20, 547-566.

Olej algowy jako surowiec do alternatywnej produkcji paliw – analiza chromatograficzna produktów ciekłych katalitycznego hydrokrakingu i katalitycznej reakcji transestryfikacji oleju algowego

Łukasz Szkudlarek¹

Promotor: dr inż. Karolina A. Chałupka^{1,*}

**¹ Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź; *karolina.chalupka@p.lodz.pl**

Nieodnawialne źródła paliw kopalnych wyczerpują się, a ich dostępność jest ograniczona. Ponadto około 98% emisji zanieczyszczeń pochodzi ze spalania paliw kopalnych. Zmniejszenie zużycia paliw kopalnych mogłoby znacznie poprawić jakość naszego środowiska [1]. Można to osiągnąć albo zużywając mniej energii, albo zastępując paliwo kopalne paliwami odnawialnymi. Z tego powodu poszukuje się alternatywnych źródeł i procesów produkcji paliw alternatywnych. Jednak ocena produkcji paliw alternatywnych powinna być rozpatrywana z różnych aspektów, takich jak np. efektywność energetyczna, emisje, technologie, koszty, urządzenia itp. Dzisiaj ludzie odkrywają na nowo korzyści środowiskowe i ekonomiczne płynące z produkcji paliwa z surowych bądź zużytych olejów roślinnych. Jednymi z najważniejszych procesów w tej dziedzinie są: reakcja transestryfikacji olejów roślinnych z alkoholami alifatycznymi oraz katalityczny hydrokraking olejów roślinnych.

W procesach tych mogą być wykorzystywane jako surowiec różne oleje roślinne m.in.: olej palmowy, olej sojowy, olej słonecznikowy itp. Jednakże te oleje są również olejami spożywczymi, co w obliczu występującego zjawiska głodu można postrzegać jako wadę w ich stosowaniu w produkcji paliwa. To powoduje, że naukowcy zaczęli rozważać użycie oleju z alg jako surowca w procesach produkcji paliw alternatywnych [2]. Wśród zalet glonów możemy wymienić wysoką zawartość lipidów komórkowych i wysokie wskaźniki fotosyntezy. Mikroalgi rosną 12 razy szybciej i uzyskują 30 razy więcej triglicerydów na ha w porównaniu do konwencjonalnych roślin lądowych, takich jak rzepak i słonecznik. Ponadto ich uprawa nie wymaga gruntów ornych, gdzie mogłaby konkurować z produkcją żywności [2, 3]. Wymienione reakcje przeróbki olejów roślinnych na paliwo wymagają stosowania odpowiednich katalizatorów. W niniejszej pracy testowano różne zeolity modyfikowane niklem i metalami alkalicznymi jako katalizatory zarówno reakcji transestryfikacji, jak i hydrokrakingu. W pracy określono wpływ rodzaju oleju algowego na powstałe spektrum produktów i procesy optymalizacji. Katalityczne właściwości reakcji transestryfikacji prowadzono w autoklawie w temperaturze 240°C przy stosunku molowym oleju do metanolu 1:9 i masie katalizatorów równej 12% wag. w stosunku do masy oleju. Warunki reakcji hydrokrakingu oleju algowego były następujące: temperatura 260° C, ciśnienie wodoru 50 Barr, czas reakcji: 2 h.

Praca wykonywana i finansowana w ramach grantu NCN w programie "Miniatura 2" (nr projektu: 2018/02/X/ST5/02059).

[1] A. Demirbas, M.F. Demirbas, Energy Conversion and Management 52 (2011) 163-170.

[2] M. Verziu, B. Cojocar, J. Hu, R. Richards, C. Ciuculescu, P. Filipc and V.I. Parvulescu, Green Chem. 10 (2008) 373-381.

[3] Ch. Zhao, T. Brück and J. A. Lercher, Green Chem., 2013, 15, 1720-1739.

Mistrzowie trzeciego planu – dobór metody poboru prób i izolacji DNA do badań drobnoustrojów na zabytkowych fotografiach

Adam Szymajda

Promotor: dr inż. Anna Otlewska

Opiekun: dr inż. Katarzyna Dybka-Stępień

***Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii,
Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 121/173, 90-924 Łódź***

Pomimo rosnącego znaczenia zasobów źródeł elektronicznych, papier jest najważniejszym nośnikiem informacji przekazywanych w postaci ksiąg, kronik, map, rysunków, a także fotografii. Mimo swojej niezwyklej uniwersalności materiał ten nie jest doskonałą formą przekazu, ponieważ pod działaniem czynników biotycznych i abiotycznych część informacji, a w konsekwencji wartość takich materiałów może zostać utracona. Jednym z kluczowych czynników niszczących obiekty papierowe są drobnoustroje zasiedlające powierzchnie nieprawidłowo przechowywanych zbiorów. W analizie mikrobiomu takich materiałów nieodzowne wydaje się zastosowanie metod sekwencjonowania następnej generacji odpowiednich regionów DNA wyizolowanego z badanego materiału. W analizie materiałów zabytkowych kluczowymi etapami są bezinwazyjny pobór próby oraz wydajna ekstrakcja DNA do dalszych etapów prac. Szczególnie trudnym materiałem na podłożu papierowym okazują się zabytkowe fotografie zawierające halogenki srebra.

Celem badań był dobór metod poboru prób oraz ekstrakcji DNA z zabytkowych fotografii. Materiał do badań stanowiły albuminowe i żelatynowo-srebrne odbitki pochodzące z przełomu XIX i XX w. DNA izolowano metodami wykorzystującymi złoża krzemionkowe, a wydajność ekstrakcji określano metodami fluorymetryczną oraz spektrofotometryczną. Na podstawie stosunków absorbancji przy poszczególnych długościach fali świetlnej oszacowano również czystość uzyskanego materiału. Otrzymane DNA wykorzystano jako matrycę do amplifikacji genów 16S rRNA oraz regionów ITS. Etap ten umożliwia oszacowanie obecności inhibitorów reakcji PCR, takich jak jony srebra.

Najwyższe stężenie DNA uzyskano prowadząc ekstrakcję bezpośrednio z fragmentów zdjęć, jednak prawdopodobna obecność inhibitorów reakcji PCR uniemożliwiała przygotowanie bibliotek genów do sekwencjonowania następnej generacji. Największą wydajność amplifikacji zarówno genów 16S rRNA, jak i regionów ITS odnotowano w przypadku nieinwazyjnego poboru prób z wykorzystaniem membran nitrocelulozowych.

- [1] A. Otlewska, L. Kraková, D. Pangallo, *Potential of culture-dependent and molecular methods in the biodeterioration study of historical paper-based materials*, [w:] A modern approach to biodeterioration assessment and the disinfection of historical book collections, B. Gutarowska, Lodz University of Technology, 2016.

Ekspresja genu białka AFP w drożdżowym systemie ekspresyjnym *Saccharomyces cerevisiae*

Angelika Związek

Badania realizowane w ramach pracy magisterskiej pod kierownictwem:
dr hab. inż. Anety Białkowskiej i mgr inż. Edyty Kruś

***Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 121/173, 90-924 Łódź***

Obserwacja organizmów żyjących w środowiskach, gdzie temperatura nie przekracza 5°C, zapoczątkowała badania nad mechanizmami wykorzystywanymi przez nie do walki z zimnem. Jedną z takich adaptacji do niskich temperatur jest synteza białek przeciwlodowych (z ang. *antifreeze protein* – AFP), które mają za zadanie zwiększenie termicznej histerezy wody (tj. różnica między temperaturą rozmrażania i zamrażania) oraz inhibicję rekrytalizacji lodu. Ze względu na swoje właściwości białka te znajdują szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w przemyśle spożywczym mogą stanowić dodatek do mrożonej żywności, dzięki czemu żywność może być dłużej mrożona, przy czym nie traci ona na jakości; w krioprotekcji białka te chronią komórki przed szkodliwym działaniem niskich temperatur i pozwalają zastąpić dotychczasowe konwencjonalne środki chroniące przy zamrażaniu, takie jak glikol etylenowy czy DMSO; w rolnictwie mogą przysłużyć się do produkcji transgenicznyc roślin, które to będą odporne na okresowe spadki temperatury; w technologii materiałowej mogą być wykorzystywane do produkcji scaffoldów oraz materiałów odpornych na zamarzanie.

Przeprowadzony screening mikroorganizmów należących do kolekcji Instytutu Biochemii Technicznej, pozwolił na wytypowanie drożdży z gatunku *Glaciozyma martini* jako producenta białek AFP. W celu zwiększenia wydajności ekspresji białka AFP oraz skróceniu czasu hodowli, zostanie przeprowadzona transformacja genu kodującego AFP do drożdżowego systemu ekspresyjnego *Saccharomyces cerevisiae*. Ze względu na to, iż poprzednia badania nie pozwoliły na izolację genu białka AFP z całkowitego RNA, do ekspresji w heterologicznym gospodarzu zostanie wykorzystany gen syntetyczny. Ponadto zostanie zbadany potencjał zastosowania tychże białek w przemyśle spożywczym jako środków zabezpieczających przed utratą walorów sensorycznych oraz jakościowych mrożonej żywności.

- [1] D. Gonzalez-Perez, E. Garcia-Ruiz, M. Alcalde, *Saccharomyces cerevisiae in directed evolution: An efficient tool to improve enzymes*, "Bioengineered bugs" 3(3):172-7. (2012).
- [2] I.K. Voets, *From ice-binding proteins to bio-inspired antifreeze materials*, SoftMatter.13(28). 4808-4823. (2017)Jul 19.

Badania biogodności nanocząstek złota otrzymywanych metodą radiacyjną

Karolina Balcerowska

Promotor: dr n. med. Alicja Olejnik

Opiekun: dr inż. Bożena Rokita

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

W ostatnich latach zainteresowanie syntezą i wykorzystaniem nanocząstek złota w wielu dziedzinach nauki, szczególnie w aplikacjach biomedycznych stale rośnie. Związane jest to z ich unikalnymi właściwościami, małym rozmiarem, obojętnym charakterem i wysokim stosunkiem powierzchni do objętości (1). Badania wykonane w pracy dyplomowej koncentrują się na otrzymaniu stabilnych nanocząstek złota metodą radiacyjną oraz ocenie ich biogodności w kontakcie z fibroblastami mysimi linii L929. Istotnym elementem było użycie polimerowego stabilizatora – poli(kwasu akrylowego), dzięki któremu przeciwdziała się aglomeracji oraz poprawia stabilność cząstek. W ramach dostępnych technik syntezy nanocząstek złota, w pracy zastosowano metodę radiacyjną, wykorzystując napromienianie wiązką przyspieszonych elektronów generowanych za pomocą liniowego akceleratora. Widma absorpcyjne otrzymanych produktów syntezy rejestrowano spektrofotometrycznie (UV-Vis), a rozmiar i potencjał Zeta Zeta scharakteryzowano za pomocą techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS).

Stabilność nanocząstek kontrolowano dokonując pomiarów pH po 1, 2 i 3 tygodniach od dnia syntezy. Badania biokompatybilności nanocząstek złota w kontakcie z komórkami fibroblastów mysich przeprowadzono wykonując testy XTT, LDH oraz Live/Dead Viability/Cytotoxicity kit®.



Rys. 4. Fibroblasty mysie linii L929

Źródło: wykonanie własne.

- [1] I. Khan et al. Nanoparticles, *Properties, applications and toxicities*, "Arabian Journal of Chemistry" 2017.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>

Materiały użyteczne w medycynie regeneracyjnej tworzone z biologicznie aktywnych fragmentów kolagenu I

Angelika Becht

Promotor: dr hab. inż. Beata Kolesińska, prof. PŁ

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

Inżynieria tkankowa, jeden z działów medycyny regeneracyjnej, wykorzystuje różnorodne narzędzia badawcze do naprawy, renowacji i regeneracji tkanek [1, 2]. Działania inżynierii tkankowej ukierunkowane są na wytworzenie biomimetyków środowiska komórek. Materiały stosowane jako rusztowania dla komórek (*scaffolds*) muszą zapewniać odpowiednie mikrootoczenie komórkom, ich adhezję, proliferację, różnicowanie i w końcu odtwarzanie tkanki [3]. Kluczowy jest skład chemiczny rusztowania, jego właściwości fizyczne oraz aktywność biologiczna [4]. Jednak bezpośrednie wykorzystanie białek jako rusztowań jest ograniczone. Wynika to z ich pochodzenia oraz właściwości immunogennych, co finalnie może prowadzić do odrzucania materiału zastosowanego do regeneracji. Jedną z metod wyeliminowania wspomnianych ograniczeń białek, jest stosowanie fragmentów białek, które warunkują pożądaną aktywność, ale z uwagi na niższą immunogenność krótkich peptydów pozbawione są wymienionych powyżej ograniczeń.

W ramach pracy dyplomowej prowadzę badania nad wyselekcjonowaniem fragmentów kolagenu I, które mogłyby być zastosowane do tworzenia nowych materiałów. Proces jest wieloetapowy i obejmuje syntezę biblioteki obejmującej całe białko, złożone z deka-peptydów immobilizowanych na celulozie.

Synteza prowadzona była techniką SPOT z wykorzystaniem triazynowych odczynników kondensujących [5]. W teście dotblot selekcjonowane są fragmenty kolagenu I (epitopy) tworzące ze przeciwciałami kompleksy immunologiczne. Cechą epitopów jest zachowanie właściwej struktury drugorzędowej natywnego białka. W badaniach przesiewowych wyselekcjonowałam 15 deka-peptydów, które poddałam mapowaniu epitopowemu. Zsyntezowałam wyselekcjonowane fragmenty kolagenu I i zastosowałam je w badaniach CD, celem sprawdzenia, czy są one zdolne mimikować strukturę natywnego białka. Przeprowadziłam również próbę uzyskania porowatych matryc kolagenowych.

Badania finansowane z projektu badawczego UMO-2015/19/B/ST8/02594.

[1] H. Wobma, G. Vunjak-Novakovic, *Tissue Eng. Part B Rev*, 2016, 22, 101-113.

[2] V. Marx, *Nature*, 2015, 522, 373-377.

[3] N. Manasa, K. Priyadharshini, M. K. Uma, S. Swaminathan, *Curr. Prot. Pept. Sci.*, 2013, 14, 70-84.

[4] S. Sethuraman, L.S. Nair, S. El-Amin, M. Nguyen, A. Singh, N. Krogman, Y.E. Greish, H.R. Allcock, P.W. Brown, C.T. Laurencin, *Acta. Biomater*, 2010, 6, 1931-1937.

[5] B. Kolesinska, K.K. Rozniakowski, J. Fraczyk, I. Relich, A.M. Papini, Z.J. Kamiński, *Eur. J. Org. Chem.*, 2015, 401-408.

Autofagia jako miecz obosieczny w walce z nowotworami

Anna Chmurska

Promotor: dr Karolina Matczak

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

Choroby nowotworowe stanowią jedno z największych wyzwań współczesnej medycyny. Skuteczne leczenie ograniczane jest przez wiele czynników, spośród których jeden z najtrudniejszych do przezwyciężenia to zdolność komórek nowotworowych do wykształcania oporności wielolekowej. Wiele badań wskazuje, że głównym mechanizmem cytotoksycznego działania cytostatyków jest indukcja procesu apoptozy. Inicjacja tego procesu jest jednak często hamowana poprzez uruchomienie procesu autofagii – komórka w ten sposób może usuwać uszkodzone organelle, a tym samym hamować indukcję śmierci komórki. Dlatego, autofagia w terapii przeciwnowotworowej może działać jak “miecz obosieczny”. Opierając się na tych przeciwstawnych właściwościach autofagii, próby zahamowania lub aktywacji procesu mogą być skutecznymi strategiami w walce z nowotworem. Przeprowadzone badania miały na celu zbadanie, czy zahamowanie procesu autofagii w komórkach raka piersi uwrażliwi je na działanie dokсорubicyny (DOX) i jej dwóch nanoform (lek zamknięty w liposomie oraz lek zamknięty w liposomie z przyłączonym peptydem gH625).

Projekt współfinansowany ze środków Studenckiego Grantu Badawczego edycji II finansowanego przez Uniwersytet Łódzki w 2018 roku.

- [1] M. Russo, G. Russo, *Autophagy inducers in cancer*, “Biochemical Pharmacology” 153 (2018) 51-61.
- [2] L. Ouyang, Z. Shi, S. Zhao, F. Wang, T. Zhou, B. Liu, J. Bao, *Programmed cell death pathways in cancer: a review of apoptosis, autophagy and programmed necrosis*, “Cell Proliferation” 45 (2012) 487-498.
- [3] E. Bishop, T. Bradshaw, *Autophagy modulation: a prudent approach in cancer treatment?*, “Cancer Chemotherapy And Pharmacology” 82 (2018) 913-922.
- [4] R. Cristofani, M. Montagnani Marelli, M. Cicardi, F. Fontana, M. Marzagalli, P. Limonta, A. Poletti, R. Moretti, *Dual role of autophagy on docetaxel-sensitivity in prostate cancer cells*, “Cell Death & Disease”, 9 (2018).
- [5] C. Das, M. Mandal, D. Kögel, *Pro-survival autophagy and cancer cell resistance to therapy*, “Cancer And Metastasis Reviews” 37 (2018) 749-766.

Badanie biokompatybilności nanocząstek złota otrzymywanych metodą sonochemiczną

Klaudia Wiśniewska

Promotor: dr n med. Alicja K. Olejnik

Opiekun: dr inż. Bożena Rokita

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

Nanotechnologia jest innowacyjną dziedziną nauki, która w ciągu ostatnich kilkunastu lat zanotowała szybki rozwój związany z coraz większym zainteresowaniem w środowisku naukowym. Zainteresowanie nanotechnologią przestało ograniczać się tylko do zastosowań przemysłowych, coraz częściej chcą z niej korzystać naukowcy zajmujący się biologią molekularną i lekarze. Jednymi z szerzej badanych obok nanocząstek srebra są nanocząski złota (AuNPs). Ze względu na swoje unikalne właściwości AuNPs mogą znaleźć szerokie zastosowanie w takich dziedzinach, jak farmacja czy nanomedycyna. Nanocząstki złota mogą być wykorzystane jako nośniki substancji leczniczych, radioizotopów lub biosensory. Obecnie szeroko badanym i bardzo obiecującym polem ich aplikacji w przyszłości mogą być terapie przeciwnowotworowe [1, 2, 3].

Wobec szerokiej możliwości zastosowań biologiczno-medycznych nanocząstek złota należy dokładnie zbadać, czy one same nie wpływają niekorzystnie na organizm człowieka oraz procesy biochemiczne zachodzące w komórkach. Niniejsza praca miała na celu syntezę sonochemiczną nanocząstek złota stabilizowanych poli(kwasem akrylowym) (PAA), ocenę ich właściwości fizyko-chemicznych oraz biogodności, w tym cytotoksyczności komórkowej, genotoksyczności oraz hemokompatybilności. Dotychczas wykonano syntezę i dokładną ocenę właściwości fizyko-chemicznych nanocząstek złota.

- [1] N. Tran, T. Wang, Ch. Lin, *Synthesis of methotrexate-conjugated gold nanoparticles with enhanced cancer therapeutic effect*, "Biochemical Engineering Journal" 78, 2013, 175-180.
- [2] S. Taghizadeh, V. Alimardani, P. Roudbali, *Gold nanoparticles application in liver cancer*, "Photodiagnosis and Photodynamic Therapy" 25, 2019, 389-400.
- [3] L. Hong, J. Wan, X. Zhang, *DNA-gold nanoparticles network based electrochemical biosensors for DNA MTase activity*, "Talanta" 152, 2016, 228-235.

Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych

Kompozyty kopolimeru etylenowo-norbornenowego wzmacniane włóknami celulozy hydrofobizowanymi na drodze hybrydowej modyfikacji chemicznej

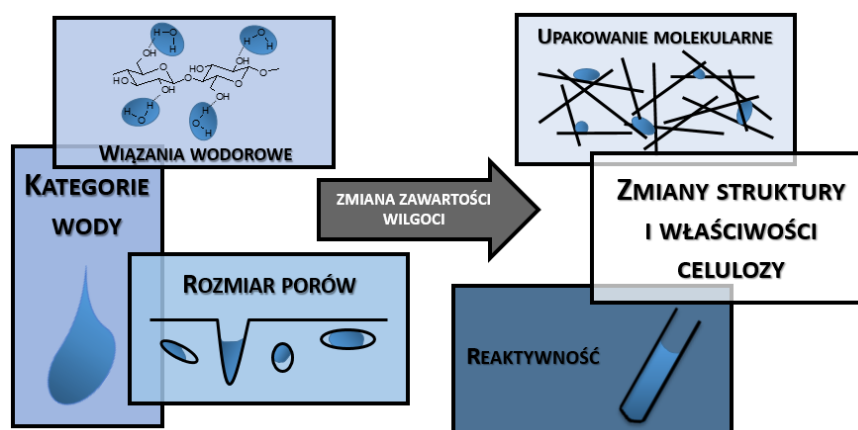
Stefan Cichosz

Promotor: dr hab. inż. Anna Masek

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

Tworzywa sztuczne zawierające napełniacze naturalne nazywane są biokompozytami. Zyskują one swoją rosnącą popularność nie tylko ze względu na mniejsze oddziaływanie na środowisko, ale także przyczyniają się do rozwoju technologii mu przyjaznych. Niemniej jednak, jednym z podstawowych problemów okazuje się adhezja polarnego napełniacza do hydrofobowej matrycy polimerowej.

W ramach realizowanego projektu przeprowadzona została modyfikacja chemiczna włókien celulozy (Arbocel UFC100 – Ultra Fine Cellulose) przy użyciu bezwodnika maleinowego oraz rozpuszczalników o różnej polarności, która ma na celu nie tylko intensyfikację sił kohezji pary napełniacz-matryca, ale również minimalizację zawartości wilgoci. Zawartość wilgoci we włóknach celulozy jest niezwykle istotnym parametrem, gdyż określa szereg jej właściwości. Zdolność do absorpcji wody wpływa na upakowanie molekularne, naprężenia występujące wewnątrz włókien, ruchliwość łańcuchów polimerowych, czy dostępność centrów aktywnych istotnych podczas modyfikacji, a także wielkość porów (rys. 1).



Rys. 1. Schemat obrazujący wpływ zmian zawartości wilgoci na właściwości włókien celulozy

Następnie sporządzone zostały kompozyty na bazie kopolimeru etylenowo-norbornenowego (TOPASElastomer E-140). Efektywność modyfikacji została przebadana poprzez analizy technikami: FT-IR, NIR, DSC, TGA, miareczkowanie Fischera. Z kolei wzmacniające działanie włókien na kompozyt określono na podstawie statycznej i dynamicznej analizy mechanicznej.

Wpływ morfologii nanotlenku cynku na sieciowanie kauczuku SBR

Katarzyna Klajn

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

Opiekun: dr inż. Tomasz Gozdek

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

Tlenek cynku to powszechnie stosowany w technologii gumy składnik, wykorzystywany przede wszystkim jako aktywator siarkowego układu sieciującego. Niestety jest to substancja, która działa toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe negatywne zmiany. Ze względu na to, potencjalnie lepszym rozwiązaniem może być wykorzystanie nanotlenku cynku (nZnO), który dzięki dużo większej powierzchni właściwej, może korzystnie wpływać na zmiany w gęstości oraz strukturze węzłów sieci, co może prowadzić do zmniejszenia wymaganej ilości tlenku cynku w mieszance kauczukowej. Dodatkowym aspektem takiej zamiany jest wyjaśnienie wpływu odmiennej morfologii na noczastek tlenku cynku na przebieg i efekty procesu wulkanizacji.

W pracy zbadany został nanotlenek cynku, oraz wulkanizaty z jego pięcioma różnymi rodzajami, w dwóch układach sieciujących: konwencjonalnym oraz efektywnym. Dodatkowo, w celu polepszenia dyspersji nanocząstek zastosowane zostały dwie metody dodawania nZnO do mieszanki kauczukowej, tj. w postaci proszku lub pasty z aktywatorem (kwas tłuszczowy). Wyniki zostały porównane z próbką referencyjną, którą stanowił wulkanizat sieciowany siarką z przyspieszaczami i aktywowany mikrometrycznym tlenkiem cynku, stosowanym standardowo w mieszankach elastomerowych.

Dodatek nanometrycznego tlenku cynku nie pogarsza właściwości przetwórczych wytworzonych mieszanek kauczukowych. Wulkanizaty z nZnO nie wykazują znacznych różnic w gęstości usieciowania, natomiast jego wpływ przejawia się w strukturze sieci przestrzennej wulkanizatów. Największe zmiany powoduje dodatek nanotlenku cynku w postaci pasty, powodując zmniejszenie ilości wiązań polisiiarczkowych w przypadku układu konwencjonalnego. Ciekawym jest, że dla układu efektywnego działanie ZnO jest odwrotne – zwiększa się ilość długich wiązań polisiiarczkowych w strukturze wiązań sieci przestrzennej. Zaobserwowane efekty przekładają się na właściwości wytrzymałościowe wulkanizatów, wpływając na ich elastyczność i wydłużenie przy zerwaniu.

Matryce hydrożelowe na bazie metakrylanu dekstranu i chitozanu wytwarzane metodą radiacyjną

Mateusz Szałas

Promotor: dr inż. Radosław Wach

Opiekun: mgr inż. Kamila Szafulera

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

Hydrożel to sieć polimerowa, w której fazę rozpraszającą stanowi woda. Za możliwość pochłaniania i utrzymywania wody przez sieć odpowiadają znajdujące się na łańcuchach polimerowych grupy hydrofilowe. Materiały hydrożelowe w ostatnich latach cieszą się dużym zainteresowaniem inżynierii biomedycznej, głównie ze względu na charakterystyczne dla siebie właściwości, takie jak: duża zawartość wody, właściwości mechaniczne podobne do tkanek miękkich i zwykle wysoka biokompatybilność. Hydrożele są stosowane między innymi jako materiał na soczewki kontaktowe i opatrunki na rany, matryce w układach do kontrolowanego dostarczania leku oraz w inżynierii tkankowej jako trójwymiarowe rusztowania, na których prowadzone są hodowle komórek [1]. Zazwyczaj stosuje się polimery syntetyczne (np. PVP) lecz interesującym zagadnieniem są próby wytwarzania hydrożeli z polimerów naturalnych, takich jak polisacharydy.

Celem badań jest wytworzenie matryc hydrożelowych na bazie metakrylanu dekstranu (Dex-MA) i chitozanu, mających potencjalne zastosowanie jako opatrunki lub nośniki leków. Dowiedzione zostało, że metakrylan dekstranu jest polimerem biokompatybilnym, tworzącym hydrożel [2], a stanowiący dodatkowy składnik chitozan działa bakterio- i hemostatycznie [3]. Do syntezy hydrożeli stosowana jest metoda radiacyjna, tj. indukowane wiązką przyśpieszonych elektronów sieciowanie polimerów w roztworach wodnych. Aby określić optymalny skład materiału wytwarzane i analizowane są hydrożele o różnych stosunkach stężeń polimerów, stosując Dex-MA o różnych stopniach podstawienia dekstranu i chitozan o różnych masach cząsteczkowych. Czynnikiem sieciującym jakim jest promieniowanie jonizujące, oprócz tego, że umożliwia przeprowadzenie procesu z dużą wydajnością powoduje sterylizację materiału.

Na podstawie wykonanych przeze mnie badań stwierdzam, że układ zawierający Dex-MA i chitozan może efektywnie tworzyć hydrożele, stosując radiacyjną metodę syntezy.

[1] E.M. Ahmed, Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review, *J. Adv. Res.*, 2015, 6, 105-121.

[2] K. Szafulera et. al., Radiation synthesis of biocompatible hydrogels of dextran methacrylate. *Radiat. Phys. Chem.* 2018, 142, 115-120.

[3] R.C. Goy et. al., A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros Ciência e Tecnol.*, 2009, 19, 241-247.

**Jak wytrzymałe mogą być rzepy supramolekularne?
Czyli szczepienie oligomerów na powierzchni nano-krzemionki
jako molekularnych haczyków promujących adhezję do matrycy
elastomerowej**

Maja Szczechowicz¹

Promotor: prof. dr hab. inż. Dariusz M. Bieliński¹

Opiekun: prof. dr Anke Blume², dr inż. Rafał Anyszka^{1, 2}

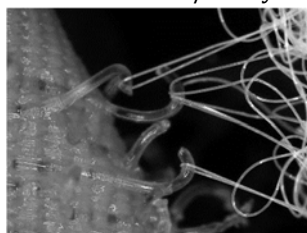
**¹Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Technologii Polimerów i Barwników
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź**

**²University of Twente, Elastomer Technology & Engineering Chair,
De Horst 2, 7522 LW Enschede**

Opony samochodowe muszą sprostać ogromnej liczbie wymagań stanowiących o ich bezpieczeństwie i komforcie użytkowania oraz trwałości. Trzy najważniejsze właściwości opon to niskie opory toczenia, dobra przyczepność do nawierzchni oraz odporność na ścieranie [1]. W 1992 roku firma Michelin zaoferowała konsumentom „zielone opony”, w których napełniaczem wzmacniającym była syntetyczna nano-krzemionka, kompatybilizowana powierzchniowo odpowiednim silanem wprowadzona do matrycy SBR/BR, zamiast powszechnie stosowanej do tej pory sadzy. Była to technologia przełomowa, która poprzez zmniejszenie oporów toczenia pozwoliła na ograniczenie zużycia paliwa, a przez to i emisji CO₂. Pozwoliła również na zwiększenie bezpieczeństwa dzięki poprawie przyczepności opon, szczególnie na śliskiej nawierzchni [2]. Jednakże wciąż poszukiwane są nowe technologie, które pozwoliłyby na polepszenie odporności opon gumowych wzmacnianych syntetyczną nano-krzemionką na ścieranie.

Technologia opracowana przez firmę Michelin zakłada powstawanie trwałych wiązań kowalencyjnych pomiędzy krzemionką a łańcuchami polimerowymi kauczuku, przy użyciu silanów. Takie wiązania po zerwaniu nie są w stanie się odbudować. Celem niniejszej pracy jest opracowanie kompozytów, w których trwałe wiązania kowalencyjne zostaną zastąpione poprzez mechaniczne połączenia działające na zasadzie rzepów supramolekularnych, inspirowanych naturą, które po zerwaniu będą w stanie się odtworzyć. W tym celu nano-krzemionka wzmacniająca została zmodyfikowana poprzez zaszczipienie na jej powierzchni długich łańcuchów oligomerycznych (haczyki molekularne). Łańcuchy te zostały dodatkowo zmodyfikowane różnymi tiolami w celu zwiększenia ich zdolności do tworzenia zapętleń z makrocząsteczkami matrycy elastomerowej (pętle molekularne).

Tak zmodyfikowane napełniacze wprowadzono do matrycy elastomerowej SBR/BR, którą następnie usieciowano. Zbadane zostały właściwości otrzymanych kompozytów elastomerowych ze szczególnym uwzględnieniem efektu alternatywnego połączenia na granicy faz nano-krzemionka/matryca elastomerowa.



Rys. 1. Mikroskopowe zdjęcie połączenia rzepowego stosowanego w przemyśle tekstylnym

[1] *Rubber Compounding: Chemistry and Applications*, B. Rodgers, CRC Press, (2015).

[2] *Tires and Passenger Vehicle Fuel Economy*, Committee for the National Tire Efficiency Study Transportation Research Board, Washington, D.C., (2006).

Kompozyty polimerów i biopolimerów w stałym polu magnetycznym

Wójcik Sandra

Promotor: dr Ewa Miękoś

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

Rosnące zapotrzebowanie na wyroby z tworzyw sztucznych przyczyniło się do gwałtownego przyrostu odpadów polimerowych składowanych na wysypiskach śmieci. Problemy z ich wieloletnim procesem biodegradacji spowodowały, iż w ostatnich latach nastąpił wzrost zainteresowania poszukiwaniem nowych, alternatywnych tworzyw, których degradacja w środowisku trwałaby znacznie krócej.

Celem badań było sprawdzenie zmian własności biodegradowalnych kompozytów pod wpływem domieszek naturalnych i syntetycznych oraz zmian tych parametrów pod wpływem działania stałego pola magnetycznego na proces ich polimeryzacji. Została także sprawdzona możliwość sterowania polem magnetycznym w celu otrzymania kompozytów o pożądanych właściwościach. W pracy skupiono uwagę na badaniu właściwości biodegradowalnych kompozytów na bazie żywicy epoksydowej oraz Gumosilu B. Przeprowadzono analizy fizykochemiczne podczas których wykonano badania nasiąkliwości, odporności chemicznej, mrozoodporności, wytrzymałości mechanicznej na zginanie, rozciąganie oraz pomiary udarności.

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją J. Leszczyńskiego, *Polimery biodegradowalne, Zagadnienia wybrane*, Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Toruń 2013.
- [2] D. Sęk, A. Włochowicz, *Chemia polimerów i polimery biodegradowalne*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej Filii w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 1996.

Degradacja rodaminy 110 w zakresie światła widzialnego na nanokompozycie grafen utleniony/srebro/chlorek srebra

Anna Jakimińska

Promotor: dr hab. Ireneusz Piwoński, prof. UŁ

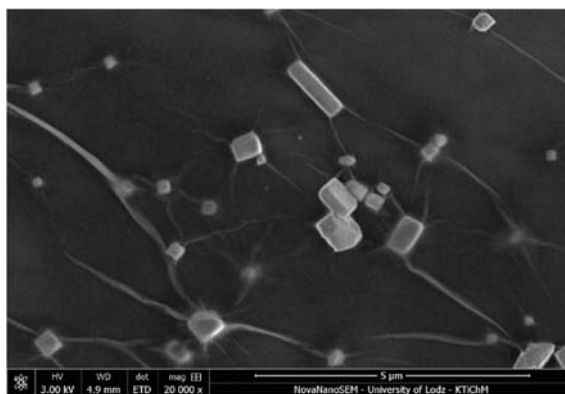
Opiekun: dr Aneta Kisielewska

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

Rodamina 110 jest produktem eliminacji wszystkich grup etylowych związanych z atomami azotu w cząsteczce Rodaminy B, zachodzącej podczas jej rozkładów fotokatalitycznych w zakresie światła widzialnego na różnych fotokatalizatorach półprzewodnikowych, takich jak np. TiO_2 [1] czy $\text{Pb}_3\text{Nb}_4\text{O}_{13}$ [2]. Jest związkiem trudnym do degradacji w zakresie światła widzialnego [3], co wymaga stworzenia rozwiązań, które mogłyby do tego prowadzić.

W toku przeprowadzonych badań otrzymano kompozyt nanostruktur metaliczno-półprzewodnikowych Ag/AgCl osadzonych na tlenku grafenu. Wykorzystano w tym celu metodę fotoredukcji prekursora srebra, a następnie, na powstałych nanostrukturach srebra, wytworzono warstwę półprzewodnikową chlorku srebra poprzez reakcję z kwasem solnym. Potwierdzono, że otrzymany kompozyt umożliwia rozkład Rodaminy 110 pod wpływem naświetlania promieniowaniem z zakresu światła widzialnego i wykazano, że zastosowanie takiego układu fotokatalitycznego prowadzi do degradacji 90% tego związku w ciągu 120 minut trwania rozkładu.

Zbadano również, że połączenie wyżej opisanego układu z powszechnie wykorzystywanym fotokatalizatorem TiO_2 umożliwia degradację Rodaminy 110 powstającej w procesie rozkładu fotokatalitycznego Rodaminy B prowadzonego w świetle widzialnym, co nie jest obserwowane przy zastosowaniu niemodyfikowanego TiO_2 . Wynik ten świadczy o wysokiej skuteczności układu grafen utleniony/srebro/chlorek srebra w fotokatalitycznym rozkładzie trudno degradablejnych substancji organicznych.



Rys. 1. Morfologia kompozytu GO/Ag/AgCl. Obraz SEM, powiększenie 20000×

[1] H. Liang et al., Applied Surface Science, 2017, 422, 1-10.

[2] O. Merka et al., Journal of Physical Chemistry C, 2011, 115, 8014-8023.

[3] P. Wang et al., Journal of Saudi Chemical Society, 2014, 4, 308-316.

Podwójnie domieszkowane biomedyczne powłoki ditlenku tytanu

Katarzyna Kowalewska

Promotor i opiekun: dr Barbara Burnat

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

W ostatnich latach, prowadzonych jest wiele badań nad dodatkowym sfunkcjonalizowaniem powierzchni implantów. Dowiedziono, że stosując odpowiednie modyfikacje powierzchni biomateriałów można zwiększyć ich bioaktywność czy też nadać im właściwości antybakteryjne. Funkcjonalizację biomateriałów można uzyskać m.in. poprzez wytworzenie na ich powierzchni powłok domieszkowanych jonami metali, które nadają im pożądane właściwości. Implanty można pokrywać powłokami zawierającymi jony metali o działaniu antybakteryjnym np. jony srebra, miedzi, cynku, galu, bądź bioaktywnym np. jony wapnia. Niestety często chcąc poprawić właściwości biomateriału lub nadać mu nowe funkcje można doprowadzić do znacznego pogorszenia pozostałych jego właściwości. Dlatego też, przy tego typu modyfikacjach, bardzo ważne jest kontrolowanie pozostałych wymaganych cech, w tym odporności na korozję.

Celem prowadzonych badań była funkcjonalizacja powłok na bazie ditlenku tytanu poprzez ich podwójne domieszkowanie jonami miedzi i wapnia oraz ocena wpływu tego domieszkowania na topografię i właściwości antykorozyjne wytworzonych powłok. Dodatkowym celem pracy było porównanie właściwości antykorozyjnych powłok ditlenku tytanu domieszkowanych różnymi jonami (Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ga^{3+}) o działaniu antybakteryjnym.

W badaniach zostały wykorzystane próbki stali biomedycznej M30NW. Na próbki stali metodą zol-żel naniesiono powłoki TiO_2 bez domieszki oraz domieszkowane jonami wapnia oraz miedzi w różnych stosunkach molowych. Pomiary korozyjne przeprowadzono z zastosowaniem metod elektrochemicznych, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy implantów (roztwór PBS, pH 7,4, temperatura 37°C). Na podstawie wartości potencjału korozyjnego, szybkości korozji oraz potencjału przebicia możliwe było określenie właściwości antykorozyjnych wytworzonych powłok. Z kolei dzięki zastosowaniu skanowania powierzchni z użyciem mikroskopu sił atomowych możliwe było określenie wpływu domieszkowanych jonów na topografię uzyskiwanych powłok na bazie TiO_2 .

Stwierdzono, że podwójne domieszkowanie jonami miedzi i wapnia polepsza właściwości antykorozyjne powłok ditlenku tytanu tylko w przypadku, gdy zawartość miedzi nie przekracza zawartości wapnia. Powłoki zawierające równe ilości jonów wapnia i miedzi lub przeważającą domieszkę miedzi charakteryzują się gorszymi właściwościami antykorozyjnymi, ale nadal mogą funkcjonować jako powłoki ochronne dla stopu biomedycznego M30NW. Wyniki badań wskazują, że antykorozyjny charakter powłok ditlenku tytanu domieszkowanych jonami o działaniu antybakteryjnym można uszeregować następująco: $\text{Cu-TiO}_2 < \text{TiO}_2 < \text{Ag-TiO}_2 < \text{Zn-TiO}_2 < \text{Ga-TiO}_2$.

Część badań realizowano w ramach studenckiego grantu badawczego UŁ.

Wpływ budowy strukturalnej warstw samoorganizujących na ich właściwości hydrofobowe i tribologiczne

Henadzi Zhyllinski

Promotor: dr hab. Michał Cichomski, prof. UŁ

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

Z uwagi na coraz intensywniejszy rozwój technologiczny poszukuje się nowych bądź modyfikuje wykorzystywane już nanomateriały w celu zwiększenia ich funkcjonalności i wydajności poprzez wzrost właściwości mechanicznych, hydrofobowych oraz tribologicznych.

W niniejszej pracy, wytworzono powłoki jedno- i dwuskładnikowe metodą depozycji z fazy gazowej pod obniżonym ciśnieniem przy użyciu stempla silikonowego. Stempel otrzymano poprzez odwzorowanie matrycy, stosując polidimetylosiloksan. Modyfikacje podłoży Ti-DLC przeprowadzono używając związków samoorganizujących (SAMs) o zróżnicowanej budowie strukturalnej.

Efektywność modyfikacji potwierdzono za pomocą pomiarów kąta zwilżania oraz swobodnej energii powierzchniowej metodą van Oss-Gooda. Topografię zmodyfikowanych powierzchni określono przy użyciu mikroskopu sił atomowych (AFM). Właściwości tribologiczne wytworzonych powłok w zakresie milinewtonowym zbadano za pomocą mikrotribometru T-23 przy wykorzystaniu przeciwpróbek wykonanych z różnych materiałów (stal, azotek krzemu i tlenek cyrkonu).

Przeprowadzone badania wskazują, że dzięki metodzie selektywnej modyfikacji z fazy gazowej możliwe jest wytworzenie dwuskładnikowych ultracienkich warstw krzemoorganicznych na podłożach Ti-DLC. Otrzymane dwuskładnikowe warstwy samoorganizujące charakteryzują się lepszymi właściwościami tribologicznymi i hydrofobowymi niż jednoskładnikowe.

Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia

Wpływ naturalnych cyklodekstryn na wzrost rozpuszczalności naringeniny w wodzie

Julia Adamczyk

Promotor: prof. dr hab. Bartłomiej Pałecz

Opiekun: dr Artur Stępnia

***Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź***

Flawonoidy to naturalnie występujące w roślinach związki wykazujące szerokie spektrum aktywności biologicznej, w tym silne działanie przeciwutleniające oraz detoksykujące. Naringenina to jeden z naturalnie występujących flawanonów, którego największe ilości znajdują się w owocach cytrusowych m.in. grejpfrutach i pomarańczach. Wykazuje ona wiele pozytywnych właściwości m.in. działanie przeciwzapalne, a także może wpływać na obniżenie poziomu cholesterolu czy wzmocnienie naczyń krwionośnych. Naringenina charakteryzuje się jednak bardzo niską rozpuszczalnością w wodzie, co może mieć wpływ na jej słabą przyswajalność przez organizm człowieka, a tym samym obniżenie pozytywnych właściwości jakie niesie jej przyjmowanie.

Zwiększenie biodostępności wybranych związków może powodować utworzenie ich kompleksów inkluzyjnych z cyklodekstrynami. Te naturalne, cukrowe makrocykle, wykazują zdolność do inkludowania niepolarnych cząsteczek, wewnątrz hydrofobowej wnęki [1]. Utworzenie takiego połączenia powoduje zwiększanie rozpuszczalności inkludowanych związków w wodzie, a w konsekwencji ułatwia ich przyswajalność w organizmie oraz zapobiega zbyt szybkiemu rozkładowi [2].

Celem badań było określenie wpływu α - oraz β -cyklodekstryny na rozpuszczalność naringeniny w wodzie. Badania prowadzono techniką spektrofotometrii UV-Vis. Wyznaczono maksimum absorpcji oraz molowy współczynnik ekstynkcji dla naringeniny, a następnie wykonano pomiary absorbancji flawanonu w wodnych roztworach α - oraz β -cyklodekstryny o wzrastającym stężeniu. Otrzymane wyniki świadczą o zasadniczym polepszeniu rozpuszczalności badanego związku w środowisku wodnym.

Badania zostały sfinansowane ze środków programu Studenckie Granty Badawcze 2019.

[1] T. Loftsson, D. Duchêne, *International Journal of Pharmaceutics* 2007, 329, ss. 1-11.

[2] L. Pobłocka-Olech, K. Marcinkowska, M. Krauze-Baranowska, *Naringenin and its derivatives-flavanones with multidirectional pharmacological activity*, "Postępy Fitoterapii" 1/2006, ss. 16-22.

Spektroskopowe badania wzrostu rozpuszczalności hesperetyny pod wpływem naturalnych cyklodekstryn

Marta Cęcelek

Promotor: prof. dr hab. Bartłomiej Pałecz

Opiekun: dr Artur Stępnia

***Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź***

W ostatnich latach cyklodekstryny stanowią jedną z najintensywniej badanych grup makromolekuł. Coraz wyraźniej dostrzega się możliwości ich szerokiego zastosowania w wielu dziedzinach. Zbudowane są z merów glukozowych połączonych wiązaniami glikozydowymi poprzez tlen w formę małych pierścieni. Wykorzystywane w badaniach naturalne cyklodekstryny, składają się z 6 i 7 cząsteczek glukozy. Dzięki swojej specyficznej budowie (hydrofilowej na zewnątrz i hydrofobowej wewnątrz) są związkami dobrze rozpuszczalnymi w wodzie. Ponadto mają zdolność do tworzenia kompleksów inkluzyjnych (kompleksów typu gospodarz-gość) z molekułami związków o charakterze hydrofobowym takich jak np. hesperetyna [1].

Flawonoidy wykorzystywano w medycynie do leczenia m.in. stanów zapalnych, cukrzycy czy chorób układu krążeniowego. Są to organiczne związki chemiczne występujące naturalnie w roślinach, będącymi pochodnymi 2-fenylochromanu [2].

Hesperetyna to organiczny związek chemiczny, będący pochodną flawanonu, należący do grupy bioflawonoidów, charakteryzujący się bardzo słabą rozpuszczalnością w wodzie. Hesperetyna w przyrodzie występuje w owocach cytrusowych, przede wszystkim w pomarańczach i mandarynkach. Związek ten jest silnym antyoksydantem, wykazującym działanie przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, a także antyalergiczne [3].

Celem badań było określenie wzrostu rozpuszczalności badanego bioflawonoidu poprzez utworzenie kompleksów z naturalnymi cyklodekstrynami.

Do badań wykorzystano spektrofotometr UV-VIS, wykonano pomiary absorbancji dla serii roztworów hesperetyny o wzrastającym stężeniu w zakresie promieniowania UV-VIS. Następnie przeanalizowano wpływ obecności naturalnych cyklodekstryn na wzrost stężenia hesperetyny w roztworach wodnych. Otrzymane wyniki potwierdzają zwiększenie rozpuszczalności hesperetyny w środowisku wodnym.

Badania zostały sfinansowane ze środków w ramach projektu Studenckie Granty Badawcze na Uniwersytecie Łódzkim w roku 2019.

[1] A. Górka, M. Kozłowska, *Zastosowanie cyklodekstryn w przemyśle spożywczym*, 2/2008, ss. 80-81.

[2] D. Malińska, A. Kiersztan, *Postępy Biochemii*, 2004, 50(2), s. 183-184.

[3] M. Majewska, H. Cieczot, *Flawonoidy w profilaktyce i terapii*, 2009, 65(5) ss. 369-372.

Badanie oddziaływań kukurbiturylu Q7 z 2-(4)-aminofenylobenzotiazolem w środowisku wodnym

Angelika Kobus

Promotor: prof. dr hab. Bartłomiej Pałecz

Opiekun: dr Adam Buczkowski

**Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź**

Kukurbituryle Q7 to makrocykliczne związki chemiczne o niskiej toksyczności, zdolne do tworzenia kompleksów typu gość-gospodarz. Swoim kształtem przypominają dynię, stąd ich nazwa utworzona od łac. *cucurbitaceae* – dyniowate. Zbudowane są one z reszt glukorylowych połączonych ze sobą grupami metylenowymi. Wewnątrz makrocyklu znajduje się wnęka zdolna do inkludowania mniejszych cząsteczek [1]. Jako ligand został wybrany 2-(4)-aminofenylobenzotiazol, którego pochodne wykazują właściwości przeciwnowotworowe. Utworzenie kompleksów kukurbiturylu z tym ligandem może zmniejszyć toksyczność liganda i zwiększyć jego biodostępność. Choroba nowotworowa jest obecnie jedną z najgroźniejszych oraz najtrudniej leczoną chorobą na całym świecie. Coraz częściej dotyka populację ludzką, która poszukuje nowych metod leczenia oraz poprawy skuteczności dotychczas stosowanych leków. Obecnie prowadzone badania naukowe dają możliwość użycia pochodnych benzotiazoli jako leków do zwalczania guzów pierwotnych w rakach jajników, sutka, czerniaku, żołądka czy nerek [2], [3].

Celem pracy było określenie powinowactwa kukurbiturylu Q7 do wiązania i przenoszenia badanego związku z grupy benzotiazoli – 2-(4)-aminofenylobenzotiazolu w środowisku wodnym w temperaturze pokojowej. Wykorzystując spektrofotometr Specord 50 Analytic Jena wyznaczono długości fal, przy których występują maksima absorpcji oraz wyliczono molowe współczynniki ekstynkcji 2-(4)-aminofenylobenzotiazolu w środowisku wodnym. Następnie oznaczono spektrofotometrycznie rozpuszczalność 2-(4)-aminofenylobenzotiazolu w wodnych roztworach kwasu solnego (20mM) o wzrastającym stężeniu kukurbiturylu Q7. Zaobserwowano linowy wzrost rozpuszczalności liganda w funkcji wzrastającego stężenia makrocyklu i wyliczono parametr stechiometryczny utworzonego kompleksu.

Badania zostały sfinansowane ze środków projektu Studenckich Grantów Badawczych Uniwersytetu Łódzkiego w roku 2019.

- [1] S.J. Barrow, S. Kasera, M.J. Rowland, J. Barrio, O.A. Scherman, *Cucurbituril-Based Molecular Recognition*, *Chem. Rev.* 115 (2015) 12320-12406.
- [2] R.T. Wheelhouse, S. Dong-Fang, W. Stevens and M. F. G., *Antitumor Benzothiazoles. Part 4. An NMR Study of the Sites of Protonation of 2-(4-Aminophenyl)benzothiazoles*, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, 7 (1996) 1271-1274.
- [3] A. Alanine, A. Flohra, A.K. Miller, V R.D., C. Riemer, *Pochodne benzotiazolu, sposób ich wytwarzania, lek i ich zastosowanie do wytwarzania leku, polski patent*, PL 207384 B1 (31.12.2010).

Reakcje diamagnetycznych jonów kobaltu Co 3+ zawartych w kobalaminie podczas działania stałego pola magnetycznego

Justyna Musiał

Promotor: dr hab. inż. Marek Zieliński, prof. UŁ

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

Kobalamina (witamina B₁₂) jest to związek chemiczny, który odgrywa ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu ludzkiego organizmu, a zatem konieczne jest jego dostarczanie wraz z żywnością. Organizm człowieka nie jest w stanie syntezować kobalaminy, jest to domeną organizmów prokariotycznych. Głównymi źródłami witaminy B₁₂ są produkty pochodzenia zwierzęcego: mięso przeżuwaczy, drób, ryby, skorupiaki, jaja, mleko i jego przetwory oraz warzywa poddane procesowi fermentacji i niektóre algi. Kobalamina jest złożonym związkiem kompleksowym, w którym centralny atom kobaltu, na trzecim stopniu utlenienia, jest koordynowany do atomów azotu sprzężonych pierścieni pirolowych, tworzących makrocycliczny układ korynowy. Jedno wiązanie koordynacyjne azot-kobalt występuje prostopadle do płaszczyzny korynu, natomiast drugie wiązanie prostopadle do tej płaszczyzny jest labilne czyli mogą przyłączać się różne ligandy.

Polem magnetycznym nazywa się przestrzeń, w której działają siły magnetyczne pochodzące od trwałych magnesów lub/i od ruchomych ładunków elektrycznych. Materiały magnetyczne cechują się zdolnością do gromadzenia energii w działaniu pól magnetycznych. Pole magnetyczne występuje wewnątrz magnetyka oraz w przestrzeni wokół niego, a zatem energia kumuluje się zarówno w całej jego objętości jak i w jego otoczeniu.

Pole magnetyczne wpływa na przebieg reakcji elektrootleniania oraz elektroredukcji kobalaminy. W badaniach zastosowano woltamperometrię cykliczną z różnymi prędkościami narastania potencjału.

Badania prowadzono na elektrodzie złotej (Au).

[1] J. Mocarska, T. Kaczorowski, *Hem i kobalamina w świecie medycyny i farmacji*, 2015.

[2] J. Biernat, M. Bronowska, *Interakcje z lekami – istotnym wskazaniem suplementacji witaminy B12*.

[3] A. Kośmider, K. Czaczyk, *Witamina b12 – budowa, biosynteza, funkcje i metody oznaczania*, 2010.

[4] M. Pękała, *Eksperymentalne metody magnetochemii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2013.

Charakterystyka efektów indukowanych radiacyjnie w wodnych roztworach metakrylanu dekstranu

inż. Marcin Pikiel

Promotor: dr inż. Radosław Wach

Opiekun: mgr inż. Kamila Szafulera

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

Proces leczenia trudno gojących się ran powstających m.in. u osób otyłych, chorych na cukrzycę insulinoniezależną, czy osób starszych jest problemem globalnym, którego nasilenie zwiększa się wraz z rozwojem cywilizacji. Rekonwalescencja po powstaniu odleżyn, poparzeń czy ran zespołu stopy cukrzycowej jest procesem długim oraz wymagającym zapewnienia odpowiednich warunków procesu gojenia. Nowoczesną klasę opatrunków ochraniających ranę przed zanieczyszczeniami i mikroorganizmami, a jednocześnie wspomagającą proces regeneracji stanowią hydrożele [1]. Na szczególną uwagę zaś zasługują biogodne hydrożele wytwarzane z polimerów naturalnych, głównie polisacharydów, które oprócz biokompatybilności i zdolności do biodegradacji, dzięki odpowiedniej modyfikacji chemicznej mogą stanowić narzędzie zdolne do kontrolowanego i miejscowego uwalniania leków. Atrakcyjnym substratem umożliwiającym wytwarzanie trwałych hydrożeli chemicznych jest metakrylan dekstranu, będący zmodyfikowanym chemicznie polisacharydem pochodzenia bakteryjnego. Proces modyfikacji dekstranu opiera się na procedurze opracowanej przez van Dijk-Wolthuisai innych w 1995 i polega na podstawieniu grup hydroksylowych dekstranu grupami metakrylowymi pochodzącymi od metakrylanu glicydyli [2].

Celem pracy jest charakterystyka efektów indukowanych radiacyjnie w wodnych roztworach metakrylanu dekstranu. Ramowy zakres działań obejmuje:

- syntezę metakrylanu dekstranu o stopniach podstawienia 0,1; 0,2; 0,6; 0,8; 1,0 z dekstranu o masie cząsteczkowej 6 kDa i charakteryzację powstałego produktu przy użyciu spektroskopii UV-VIS, FTIR oraz ^1H NMR;
- wyznaczenie stałych szybkości reakcji metakrylanu dekstranu z krótko żyjącymi produktami radiolizy wody – rodnikiem hydroksylowym oraz elektronem uwodnionym – z wykorzystaniem metody radiolizy impulsowej;
- syntezę makroskopowych hydrożeli z wykorzystaniem radiolizy stacjonarnej wodnych roztworów metakrylanu dekstranu o stężeniach 1, 2, 3 i 5%, a następnie analizę zol-żel oraz analizę próbek nie tworzących makroskopowego żelu (spodziewana obecność mikrożeli) przy użyciu metody dynamicznego rozpraszania światła.

Wyznaczenie parametrów kinetycznych, oraz analiza zol-żel stanowi podstawę pod przyszłe próby opracowania mechanizmu sieciowania i degradacji metakrylanu dekstranu w kierunku radiacyjnego otrzymywania opatrunków hydrożelowych.

Mechanizm wiązania jonów żelaza (II) z katechinami

Aleksandra Suchowiejska

Promotor: prof. dr hab. inż. Lidia Gębicka

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

Flawonoidy są metabolitami wtórnymi szeroko rozpowszechnionymi w królestwie roślin, gdzie pełnią funkcję barwników, a także chronią rośliny przed szkodliwym działaniem czynników zewnętrznych. Dzięki strukturze chemicznej opartej na układzie flawonu mogą pozytywnie wpływać także na organizm człowieka. Wykazują bowiem działanie przeciwutleniające, do którego zaliczyć można chelatowanie jonów metali przejściowych. Produktem spożywczym bogatym we flawonoidy jest zielona herbata. Zawarte są w niej głównie związki należące do grupy katechin, a także kwasy fenolowe, wśród których znajduje się kwas galusowy [1,2].

Celem pracy było przyjrzenie się mechanizmowi chelatowania jonów żelaza (II) przez flawonoidy z grupy katechin, do której należą galusan epigalokatechiny (EGCG), galusan epikatechiny (ECG) oraz podstawowy flawonoid z tej grupy – katechina. Zbadałam ponadto, jak przebiega proces kompleksowania tychże jonów przez kwas galusowy (GA). Obserwowałam zmiany w widmach absorpcyjnych roztworów zawierających badane katechiny i GA oraz jony żelaza (II) w różnych stosunkach molowych, w pH 7,4. Na podstawie otrzymanych wyników wykazałam, iż zarówno GA, jak i ECG chelatują jony żelaza (II) w stosunku molowym 1:1. W przypadku EGCG, gdy flawonoid w badanym roztworze jest w nadmiarze, stechiometria reakcji kompleksowania jest równa 1:1, natomiast gdy w nadmiarze występują jony metalu stechiometria reakcji wynosi 1:1,5. Stwierdziłam ponadto, iż jony żelaza (II) w kompleksie z katechinami ulegają utlenieniu do Fe^{3+} . Nie udało mi się jednak oznaczyć ilościowo powstającego w tym procesie anionorodnika nadadtlenkowego, czy produktu jego dysmutacji, nadtlenku wodoru.

[1] A.N. Panche, A.D. Diwan, S.N. Chandra, Flavonoids: an overview, *J NutrSci*, 2016, 5 (47), 1.

[2] P.V. Gadkaria, M. Balaramana, Catechins: Sources, extraction and encapsulation: a review, *Food Bioprod Process*, 2015, 93, 122-138.

Analiza oddziaływania heminy z albuminą osocza krwi ludzkiej

Rafał Woźniacki

Promotor: dr hab. inż. Marian Wolszczak

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

Jony żelaza w układach biologicznych odpowiadają za szereg istotnych funkcji, biorąc udział w wielu reakcjach biochemicznych, w tym tych związanych z oddychaniem. Fe^{2+} wiążąc się z cząsteczką porfiryny tworzy hem – grupę prostetyczną hemoglobiny, czyli białka odpowiadającego za transport tlenu. Zajmując centralne miejsce w strukturze hemu, atom żelaza (Fe^{2+}) wiąże odwracalnie cząsteczkę tlenu (O_2) co umożliwia dostarczenie jej do tkanek ludzkiego organizmu. Kompleks porfiryny z żelazem jest przykładem na to, iż układy istotne z biologicznego punktu widzenia nie wykazują fluorescencji. Jest to swoisty mechanizm obronny organizmu przed wysokoenergetycznym promieniowaniem elektromagnetycznym. Wiadomo że, porfiryny (nie sprzężone z jonami metali) są efektywnymi fotouczulaczami stosowanymi w fotodynamicznej terapii antynowotworowej. Pochłonięcie światła widzialnego prowadzi do powstania wzbudzonych stanów elektronowych: singletowego i trypletowego. Stan trypletowy jest wygaszany przez cząsteczki tlenu, generując tlen singletowy, który jako efektywny utleniacz reaguje z otaczającymi go komórkami organizmu prowadząc do ich śmierci. W przypadku tkanek nowotworowych prowadzi to do zwalczania nowotworu. Wzbudzone stany elektronowe nie są generowane, gdy porfiryne jest skompleksowana z jonami żelaza. Głównym obiektem badań jest cząsteczka heminy. Od grupy hemowej odróżnia ją to, iż zawiera w swojej strukturze jon żelaza na trzecim stopniu utlenienia związany dodatkowo koordynacyjnie z ligandem chlorkowym. Szczególnie interesujący jest mechanizm i kinetyka jej oddziaływania z albuminą osocza krwi ludzkiej (HSA). Wykazano że hemina wiązana jest w subdomenie IA, nie będącej głównym miejscem lokalizacji większości leków w HSA. Co więcej, pomimo bardzo duże wartości stałej wiązania (rzędu $10^8 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$), proces pułapkowania heminy w HSA jest bardzo powolny (trwa kilka dni). Hemina źle rozpuszcza się w wodzie. W celu uzyskania układu hemina/HSA opracowano metodę jego otrzymywania z użyciem roztworów heminy w dimetylosulfotlenku. Wykorzystując rezonansowe przeniesienie energii od wzbudzonej grupy tryptofanowej (Trp214) HSA do cząsteczki heminy potwierdzono jej lokalizację w miejscu Sudlowa 3. Metodą radiolizy impulsowej i metodą stacjonarną zbadano proces redukcji heminy spułapkowanej w obrębie HSA. Wykazano iż cząsteczka heminy jest dobrze chroniona wewnątrz struktury białka przed atakiem elektronu hydratowanego lub atomu wodoru. Zaproponowano mechanizm redukcji heminy. Zbadano również efekt tlenu na proces redukcji i wykazano podobieństwo między układem HSA-hemina a hemoglobiną.

Aktywacja elementów konstrukcyjnych cyklotronu medycznego

Magdalena Zbrojewska

Promotor: dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka

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

W ostatniej dekadzie odnotowano znaczny wzrost zastosowania radioizotopów spowodowany rozwojem medycyny nuklearnej i stale zwiększającą się dostępnością cyklotronów dedykowanych do produkcji radiofarmaceutyków. Jednym z podstawowych i najczęściej wykorzystywanym znacznikiem izotopowym jest izotop fluoru – ^{18}F , który, po połączeniu z pochodną glukozy, tworzy radiofarmaceutyk – fludeoksyglukozę ($[^{18}\text{F}]\text{FDG}$) stosowaną w pozytonowej tomografii emisyjnej (PET – ang. *positron emission tomography*) [1].

Produkcja ^{18}F opiera się na reakcji $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ – tarczę cyklotronu tworzy znajdująca się w metalowym zbiorniku woda wzbogacona w ^{18}O , która jest poddawana bombardowaniu wiązką przyspieszonych w cyklotronie protonów o energii 11 MeV [2]. Podczas bombardowania, oprócz tarczy, aktywowane są także inne elementy konstrukcyjne cyklotronu. Tak indukowana radioaktywność stanowi główne źródło narażenia na promieniowanie personelu oraz pracowników obsługi technicznej cyklotronu.

W ramach dotychczas przeprowadzonych badań dokonano teoretycznych obliczeń pozwalających oszacować, jakie izotopy promieniotwórcze mogą być aktywowane w elementach konstrukcyjnych cyklotronu medycznego znajdującego się w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym im. M. Kopernika w Łodzi. Przy pomocy spektrometru promieniowania gamma przeanalizowano szereg elementów cyklotronu, takich jak folie Havara i siatki miedziane. W celu oceny stopnia wymywania produkowanych zanieczyszczeń z tarczy, analizie poddane zostały kolumny filtracyjne stosowane w module oczyszczającym FDG.

W foliach Havara zidentyfikowano długożyciowe izotopy promieniotwórcze, m.in. ^{56}Co oraz ^{54}Mn , charakteryzujące się stosunkowo wysoką aktywnością pomimo upływu ponad czterech lat od ich wymiany. W kolumnach filtracyjnych zatrzymane zostały zarówno izotopy krótko-, jak i długożyciowe. Bardzo istotne jest wykrycie dwóch izotopów kadmu – ^{107}Cd i ^{109}Cd , które powstają w wyniku bombardowania srebrnej obudowy tarczy cyklotronu, ponieważ ich obecność jest zaniebdywana w wielu publikacjach z tej dziedziny, a wysoka aktywność długożyciowego ^{109}Cd może w znacznym stopniu zwiększać dawkę promieniowania otrzymywaną przez personel techniczny cyklotronu [3].

[1] IAEA. *Cyclotron Produced Radionuclides: Principles and Practice*. s.l. : IAEA in Austria, 2008.

[2] C.E. Gonzales Lepera, B. Dembowski, Production of $[^{18}\text{F}]\text{Fluoride}$ with a High-pressure Disposable $[^{18}\text{O}]\text{Water}$ Target, *Applied Radiation and Isotopes*. 1997, 48, 5.

[3] M. Długosz-Lisiecka; T. Jakubowska, M. Zbrojewska, Formation of ^{107}Cd radionuclide impurities during ^{18}F production, *Applied Radiation and Isotopes*. 2019, 147, 48-53.

Aminokatalityczna funkcjonalizacja 2-benzylo-3-furfuralu – badania teoretyczne i doświadczalne**Mateusz Dyguda**

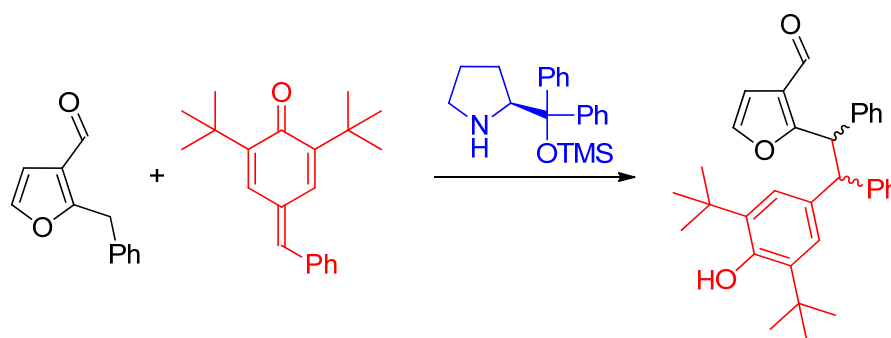
dr hab. inż. Łukasz Albrecht, prof. PŁ

dr inż. Agnieszka Krzemińska-Kowalska

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

Chemicy coraz częściej i chętniej sięgają po dostępne narzędzia kwantowo-mechaniczne, które pozwalają im przewidywać i potwierdzać prawidłowe ścieżki oraz mechanizmy reakcji. Dostępne na rynku oprogramowanie umożliwia wstępne zaprojektowanie syntez laboratoryjnych, przewidywanie struktur stanów przejściowych oraz racjonalizowanie otrzymanych wyników doświadczalnych.

Celem badań było wykorzystanie metod kwantowo-mechanicznych do zbadania mechanizmu funkcjonalizacji 2-benzylo-3-furfuralu (rys. 1) z wykorzystaniem aminokatalizatora sterycznego. W obliczeniach kwantowo-mechanicznych skorzystano z pakietu Gaussian09 rev. D.01¹. Do badań nad mechanizmem reakcji została wykorzystana teoria funkcjonału gęstości (DFT). Obliczenia wykonano metodą M06-2X² w funkcji bazy 6-31G(d,p)³. W badaniach nad mechanizmem reakcji przeprowadzono skan powierzchni energii potencjalnej (PES), poszukiwania prawdopodobnego stanu przejściowego (TS), a do potwierdzenia wyznaczonego stanu przejściowego wykorzystano obliczenia dotyczące ścieżki reakcji (IRC). Ostatnim etapem obliczeń było poszukiwanie minimum energetycznego substratów i produktów. Otrzymane wyniki pozwoliły na ustalenie prawdopodobnego przebiegu reakcji oraz stereochemii produktu, która zostanie zweryfikowana eksperymentalnie.



Rys. 1. Aminokatalityczna funkcjonalizacja 2-benzylo-3-furfuralu

[1] M. J. Frisch, *et. al.*, Gaussian 09, revision D.01; Gaussian, Inc.: Wallingford, CT, 2009.

[2] Y. Zhao, D. G. Truhlar, *Theor. Chem. Acc.* 2008, 120, 215.

[3] R. Ditchfield, W.J. Hehre, J.A. Pople, *J., Chem. Phys.* 1971, 54, 724.

Weryfikacja i modyfikacja instrukcji laboratoryjnej – homogenizacja próbek stałych

Dominika Apalczyk

Promotor: dr Kamila Borowczyk

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

Homogenizacja jest to proces, w wyniku którego w warunkach normalnych nie mieszające się ze sobą składniki, tworzą jednorodną mieszaninę. Dostępnych jest wiele narzędzi umożliwiających rozdrabnianie próbek – należą do nich homogenizatory mechaniczne, ultradźwiękowe, czy młynki z tłuczkiem [1].

Celem pracy było zbadanie wśród studentów kierunku Analityka Chemiczna, Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego, poziomu zrozumienia i przyswojenia treści zawartej w instrukcji do ćwiczenia laboratoryjnego zatytułowanego „Homogenizacja próbek stałych”, a następnie modyfikacja omawianej instrukcji w celu poprawy tego poziomu.

W związku z tym sporządzono ankietę składającą się z 10 pytań dotyczących informacji zawartych w instrukcji, na które ankietowani odpowiadali przed oraz po wykonaniu ćwiczenia, przy czym w tym drugim przypadku ankietę rozszerzono o dodatkowe dwa pytania. Pozwoliło to na oszacowanie efektywności dotychczasowej instrukcji oraz weryfikację największej trudności związanej z wykonaniem ćwiczenia w ocenie studentów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wśród ankietowanych najczęściej problemów stworzyła odpowiedź na pytanie dotyczące definicji homogenizatora, co poskutkowało wzbogaceniem ćwiczenia o nową technikę rozdrabniania próbek stałych z wykorzystaniem młynka ceramicznego.

Otrzymane wyniki przeprowadzonych ankiet uzasadniają konieczność modyfikacji instrukcji laboratoryjnej w celu ulepszenia stosowanej metodyki nauczania. Wprowadzone rozszerzenie w przyszłości powinno umożliwić studentom lepsze zrozumienie procesu homogenizacji oraz poszerzenie ich wiedzy z zakresu stosowania i porównania wydajności różnych technik rozdrabniania próbek.

[1] David W. Burden, *Guide to the Homogenization of Biological Samples*, Random Primers, 7, 2008, ss. 1-14.

Przydatność programów do modelowania molekularnego i grafiki chemicznej w nauczaniu chemii na poziomie ponadpodstawowym

Monika Dudzic

Promotor: dr hab. Anna Ignaczak, prof. UŁ¹

Opiekun: dr Anna Wypych-Stasiewicz²

¹ *Zakład Chemii Teoretycznej i Strukturalnej, Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź,*

² *Zakład Dydaktyki Chemii, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź*

W procesie nauczania – uczenia się chemii występują treści, których przybliżenie oraz wyjaśnienie wymaga posiadania od ucznia dobrze rozwiniętej wyobraźni, dzięki której w jego umyśle powstaje właściwy obraz przestrzenny obiektu chemicznego [1]. Umiejętność ta jest rozwinięta u uczniów w różnym stopniu, co skutkuje problemami z prawidłowym przyswajaniem przekazywanej przez nauczyciela wiedzy. Użytecznym narzędziem pomagającym w rozwijaniu wyobraźni przestrzennej są środki multimedialne mogące znaleźć zastosowanie w nauczaniu chemii.

Celem przedstawionych badań było wykonanie szeregu multimedialnych pomocy dydaktycznych dla klas licealnych, które wygenerowane zostały w programach *ChemDoodle* [2] oraz *ChemSketch* [3]. Podczas badań oceniono również przydatność przygotowanych prezentacji zarówno z perspektywy uczniów, jak również nauczyciela.

Badania sfinansowane w ramach II Edycji Studenckich Grantów Badawczych Uniwersytetu Łódzkiego.

[1] Kupisiewicz C., *Dydaktyka Chemii*, Warszawa 2000.

[2] <https://www.chemdoodle.com>

[3] <https://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/>

Przygotowanie kursu „Nomenklatura i systematyka związków nieorganicznych” na platformie zdalnego nauczania Moodle

Milena Granos

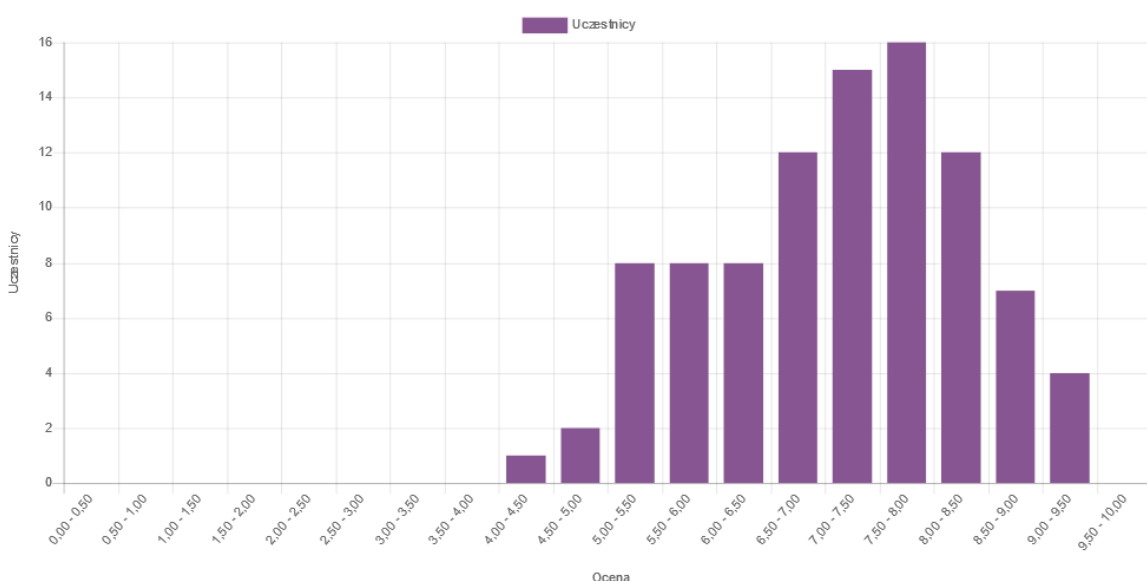
Promotor: dr Janusz Kupis

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

W ramach mojej pracy magisterskiej przygotowałam kurs na platformę zdalnego nauczania Moodle. Kurs składa się z trzech lekcji powtórzeniowych do działu: „Nomenklatura i systematyka związków nieorganicznych”, quizu zbudowanego z 20 pytań zamkniętych różnego typu oraz ankiety ewaluacyjnej. Do kursu przystąpiło 92 studentów I roku chemii Uniwersytetu Łódzkiego, którzy to po zapoznaniu się z tematyką kursu samodzielnie rozwiązyali quiz oraz odpowiedzieli na zadane im w ankiecie pytania.

Celem mojej pracy magisterskiej było zbadanie użyteczności kursu przygotowanego na platformie zdalnego nauczania Moodle z poziomu nauczyciela i ucznia oraz weryfikacja preferencji (studentów I roku chemii Uniwersytetu Łódzkiego) dotyczących metod nauczania.

Słupkowy wykres liczby studentów z wynikami w poszczególnych zakresach



- [1] M.M. Poźniczek, Z. Kluz, *Chemia: Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego i technikum*, Wyd. 4, WSIP, Warszawa 2002, ISBN 83-02-09348-3.
- [2] W. Howil, *Moodle: stwórz własny serwis e-learningowy*, HELION, Gliwice 2012, ISBN 978-83-246-2741-7.
- [3] M. Litwin, S. Styka-Wlazło, J. Szymońska, *Chemia ogólna i nieorganiczna*, Wyd. 5, Nowa Era, Warszawa 2006, ISBN 83-88985-44-2.
- [4] R. Hassa, A. Mrzigod, J. Mrzigod, W. Sułkowski, *Chemia. Podręcznik i Zbiór zadań w jednym*, Straszyn, Rożak, ISBN 83-7460-113-2.

Instrukcja do ćwiczenia studenckiego "Spektrofotometryczne oznaczanie witaminy C w preparatach farmaceutycznych"

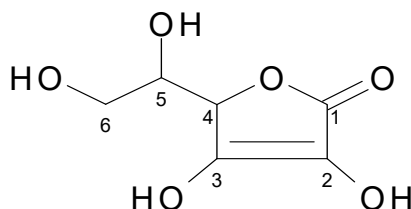
Izabella Kośka

Promotor: Aleksandra Szcześniak

**Zakład Dydaktyki Chemii i Popularyzacji Nauki, Katedra Chemii Środowiska,
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź**

Samodzielne wykonywanie eksperymentów przez studentów chemii jest niezwykle ważne, przede wszystkim ze względu na możliwość zaznajomienia się ze sprzętem wykorzystywanym w laboratorium, zdobywaniem doświadczenia oraz kształceniem umiejętności współpracy między studentami i pracy w grupie. Ponadto zdobywanie wiedzy poprzez doświadczenie jest bardziej efektywne niż w tradycyjny sposób, przez co jest niezwykle ważne w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych [1].

Kwas askorbinowy (AsCH_2) jest biologicznie aktywną formą witaminy C. W stanie suchym jest krystalicznym, kwaśnym, bezwonnym ciałem stałym o jasnej barwie. Wartość pH 2% roztworu wodnego AsCH_2 zawiera się w przedziale między 2,4, a 2,8. Na kwasowy charakter ma wpływ przede wszystkim obecność endiolowego ugrupowania w strukturze jego cząsteczki pomiędzy atomami węgla C-2 i C-3 (rys. 1). Większość gatunków roślin i zwierząt syntezuje w organizmie AsCH_2 . Niestety niektóre z nich nie mają tej zdolności, przez co niezbędna okazuje się suplementacja [2].



Rys. 1. Wzór strukturalny kwasu L-askorbinowego

Celem pracy jest opracowanie instrukcji dla studentów chemii i kierunków pokrewnych „Spektrofotometrycznego oznaczania witaminy C w preparatach farmaceutycznych”. Ćwiczenie to polega na odpowiednim przygotowaniu próbki suplementu przez studentów, wykonaniu kalibracji metody sposobem dodatku wzorca wewnętrznego oraz oznaczeniu zawartości AsCH_2 w badanej próbce preparatu z wykorzystaniem spektrofotometrii UV-Vis.

[1] A. Burewicz, P. Jagodziński, *Pracownia chemiczna z dydaktyki chemii, doświadczenia chemiczne dla szkół ponadgimnazjalnych*, Zakład Dydaktyki Chemii, UAM, Poznań 2014.

[2] K. Janda, M. Kasprzak, J. Wolska, *Witamina C – budowa, właściwości, funkcje i występowanie*, „Pomeranian Journal of Life Sciences” 61 (2015) 419-425.

Analiza odpowiedzi uczniowskich – zadanie 33.1 MATURA 2017

Angelika Kobus

Promotor: dr hab. Robert Zakrzewski, prof. nadzw. UŁ

Opiekun: dr hab. Robert Zakrzewski, prof. nadzw. UŁ

***Zakład Dydaktyki Chemii i Popularyzacji Nauki, Katedra Chemii Środowiska,
Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź***

Egzaminy zewnętrzne są przeprowadzane i oceniane w sposób standaryzowany, tzn. według tych samych kryteriów ustalonych przez Centralną Komisję Egzaminacyjną. Rolą każdego egzaminatora jest ocenienie pracy każdego z uczniów w ten sam sposób, czyli według schematu punktowania. Jednym z najważniejszych egzaminów zewnętrznych jest matura – egzamin dojrzałości. W zależności od tego, jaki wynik końcowy uzyska uczeń, tak dalej potoczy się jego wybór dotyczący dalszej edukacji. Dlatego też tak istotne jest sprawdzanie prac w sposób kompetentny i jednolity w całym kraju, aby szanse na starcie w dorosłym życiu były wyrównane dla wszystkich absolwentów szkół średnich.

Dzięki analizie zadań maturalnych dowiadujemy się, jaką wiedzę i jakimi umiejętnościami wykazał się zdający. Każda praca jest inna, natomiast oceniona według jednolitego schematu. Przeanalizowaliśmy rozwiązanie zadania maturalnego 33.1 (Chemia – poziom rozszerzony 2017 rok). Analizowane prace pochodziły z województw łódzkiego i świętokrzyskiego. Nasza analiza szczegółowo dotyczyła spojrzenia na poprawność zakładanej tezy oraz poprawności merytorycznego uzasadnienia jej. Wszystkie odpowiedzi zostały podzielone na kategorie według nowego modelu procesu odpowiadania na pytania [1]. Kategoriami, do których przyporządkowaliśmy dane odpowiedzi są: odpowiedź poprawna oczekiwana (PO), odpowiedź poprawna nieoczekiwana (PN), odpowiedź niepoprawna oczekiwana (NO) oraz odpowiedź niepoprawna nieoczekiwana (NN). Następnie uzasadnienie i tezę poddaliśmy bardziej wnikliwej analizie, dzieląc je na kolejne podkategorie: poprawna teza – poprawne uzasadnienie (PP), prawidłowa odpowiedź – fałszywe uzasadnienie (PF), fałszywa teza – prawidłowe uzasadnienie (FP), fałszywa teza – fałszywe uzasadnienie (FF), prawidłowa teza – opuszczone uzasadnienie (PO), fałszywa teza – opuszczone uzasadnienie (FO), opuszczona teza – prawidłowe uzasadnienie (OP) oraz opuszczona teza – fałszywe uzasadnienie (OF). Głównym celem pracy było określenie przyczyn wynikających z braku udzielenia poprawnej odpowiedzi oraz zaakcentowanie możliwości udzielania odpowiedzi w sposób niestandardowy, jednakże merytorycznie poprawny.

[1] A. Pollitt, A. Ahmed, *A New Model of the Question Answering Process*, UCLES RED, 1999.

Optymalizacja wybranych doświadczeń z chemii organicznej jako pomoc w pracy początkującego nauczyciela

Anna Kowalczyk

Promotor: dr hab. Robert Zakrzewski, prof. UŁ

Opiekun: mgr Ewa Stronka-Lewkowska

***Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska,
Zakład Dydaktyki Chemii i Popularyzacji Nauki,
Uniwersytet Łódzki, ul. Tamka 12, 91-403 Łódź***

Każdy nauczyciel na początku drogi zawodowej staje przed zadaniem wypracowania własnej metody przekazywania wiedzy uczniom. Oczekuje się, że lekcje będą wykonane w sposób ciekawy oraz zrozumiały. Dziedzina chemii, ze względu na swoją praktyczność, dysponuje dodatkową „bronią”, w postaci doświadczeń chemicznych. Jednakże wielu nauczycieli z krótkim stażem boi się jej używać, ponieważ wymaga ona wprawy, opanowania i często – pomimo długiego etapu przygotowań – niestety nie wychodzi.

Celem przedstawionej pracy magisterskiej było opracowanie instrukcji oraz adnotacji do wybranych doświadczeń z chemii organicznej w taki sposób, żeby stały się one pomocą dla młodego nauczyciela. Wyniki badań odpowiadają na nurtujące mnie, jako przyszłego dydaktyka chemii, pytania. Czy warto sugerować się dostępnymi informacjami na temat doświadczeń? W jaki sposób przeprowadzić doświadczenia, żeby za każdym razem obserwacje i wnioski były takie same? Jak wytłumaczyć uczniom dlaczego doświadczenie nie osiągnęło zamierzonych efektów? Na jakim etapie lekcji dobrze jest wykonać dane doświadczenie?

Eksperyment w chemii organicznej w szkole ponadpodstawowej

Dominika Sołtysiak

Promotor i opiekun: dr Lech Leszczyński

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

Chemia to dziedzina nauki, która oparta jest na doświadczeniu. Eksperyment chemiczny to jeden z głównych elementów, który powinien być obecny podczas lekcji chemii. Odgrywa on istotną rolę w nauczaniu. Ma pobudzać wyobraźnię, a także ułatwiać uczniom zapamiętywanie poprzez inne narządy zmysłów. Uczy kreatywnego myślenia oraz pozwala formułować hipotezy oraz wnioski. Ważną funkcją w przeprowadzaniu doświadczeń pełni nauczyciel. To on pozwala uczniowi stać się odkrywcą, pobudza jego ciekawość oraz inspirowuje do dalszego zdobywania wiedzy.

Celem mojej pracy jest pokazanie wybranych doświadczeń z chemii organicznej w szkole ponadpodstawowej. Ważnym elementem tej pracy magisterskiej jest wskazanie zagrożeń wynikających z nieodpowiednich warunków przygotowania doświadczeń, które nie przebiegają zgodnie z instrukcją, a także zwrócenie szczególnej uwagi na nieprzestrzeganie bezpieczeństwa pracy podczas wykonywania doświadczeń chemicznych.

- [1] A. Burewicz, P. Jagodziński, R. Wolski, *Metodyka eksperymentu chemicznego w gimnazjum*, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań 2008.
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją A. Bogdańskiej-Zarembiny i A. Houwalta, *Metodyka nauczania chemii*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa.
- [3] A. Burewicz, H. Gulińska, *Dydaktyka Chemii*, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań 2002.
- [4] B. Sucharska, *Rola eksperymentu w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych*.
- [5] W. Okoń, *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*, Wydawnictwo Akademickie "Żak", Warszawa 2003.

Praca z uczniem zdolnym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego

Wójcik Sandra

Promotor: dr Krzysztof Prawicki

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

Utalentowani uczniowie często różnią się od swoich rówieśników trzema kluczowymi aspektami: szybszym tempem uczenia się, większą głębią zrozumienia i szczególnymi zainteresowaniami. Dlatego też zdolni uczniowie powinni mieć dostęp do możliwości uczenia się, które są szybsze i bardziej złożone. Powinni mieć zapewnione możliwości, które pozwolą im stale wykorzystywać swoje zdolności. Program edukacyjny proponowany przez Uniwersytet Łódzki „Zdolny uczeń – świetny student” pozwala w pełni rozwijać umiejętności uczniów oraz odkrywać ich zainteresowania i potencjał.

Jako dziedzina nauki, chemia może zaoferować utalentowanym uczniom wyzwania oraz możliwości rozwijania i doskonalenia umiejętności uczenia się. Zaspokaja ona potrzeby uzdolnionych uczniów – rozwija ich zdolności do rozumowania abstrakcyjnych pojęć, umiejętności myślenia na wysokim poziomie oraz integruje wiedzę z różnych dziedzin. Celem pracy magisterskiej było opisanie stopnia zaangażowania Wydziału Chemii w programach przeznaczonych dla uczniów, takich jak: Akademia Ciekawej Chemii, Uniwersytet Zawsze Otwarty oraz Zdolny uczeń – świetny student. Część badawcza dotyczy pracy laboratoryjnej z uczniem zdolnym szkoły średniej. Dany projekt edukacyjny poszerza wiedzę uczniów z zakresu chemii nieorganicznej, analitycznej oraz organicznej. Uczniowie mają możliwość zapoznania się z pracownią chemiczną, sprzętem laboratoryjnym oraz zasadami bezpiecznej pracy w laboratorium. Główną zaletą danego projektu edukacyjnego jest możliwość samodzielnego wykonywania eksperymentów przez uczniów.

- [1] J. Uszyńska-Jarmoc, B. Kunat, J. Mantur, *Zdolny, ale jak? (Auto)diagnoza zdolności i uzdolnień uczniów*, Białystok 2015.
- [2] J. Uszyńska-Jarmoc, B. Kunat, M.J. Tarasiuk; *Sukcesy uczniów zdolnych. Fakty – narracje – interpretacje*; Białystok 2014.
- [3] U. Grygier, B. Jancarz-Łanczkowska, K.T. Piotrowski; *Jak odkrywać i rozwijać uzdolnienia przyrodnicze uczniów w szkole podstawowej, gimnazjum i szkole ponadpodstawowej*, Warszawa 2013.
- [4] G. Kelemen, *A personalized model design for gifted children education*, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2/2010; ss. 3981-3987.
- [5] A. Korucu, A. Alkan, *Comparative study models used in the education of the gifted children*, “*Procedia Social and Behavioral Sciences*” 46/2012; ss. 4159- 4164.

Indeks

Streszczenia wystąpień doktorantów

CZŁONKA, Sylwia	K-01
DĘBIEC, Katarzyna	WP-01
GONCIARZ, Weronika	WP-02
KOŁODZIEJCZYK, Karina	K-02
KOST, Bartłomiej	WP-03
MARCHWICKA, Aleksandra	WP-04
PURGAT, Krystian	WP-05
WITKOWSKA, Ewelina	K-03
ZIELONKA, Karolina	K-04

Streszczenia wystąpień magistrantów

ADAMCZYK, Julia	S4-P65
ANDRZEJCZAK, Patrycja	S1-P09
ANTOSIK, Adrianna	S2-P43
APALCZYK, Dominika	S4-P74
BALCEROWSKA, Karolina	S2-P53
BARTNIK, Weronika	S2-P31
BECHT, Angelika	S2-P54
BIEGAŁA, Łukasz	S2-P32
BUJANOWSKA, Marta	S1-P10
CELEDA, Dominika	S2-P44
CĘCELEK, Marta	S4-P66
CHAŁAŚKIEWICZ, Katarzyna	S2-P45
CHMURSKA, Anna	S2-P55
CICHOSZ, Stefan	S3-P57
CIEPŁUCH, Marta	S1-P11
DUDA, Aleksandra	S1-P01
DUDZIC, Monika	S4-P75
DYGAS, Dawid	S2-P46
DYGUDA, Mateusz	S4-P73
GŁOWACKA, Alicja	S2-P17
GRANOS, Milena	S4-P76
GRZYBOWSKA, Joanna	S2-P47
JAKIMIŃSKA, Anna	S3-P62
KANTYKA, Bartłomiej	S2-P48
KCIUK, Mateusz	S2-P33
KLAJN, Katarzyna	S3-P58
KLEŚTA, Izabela	S1-P12
KLUSKA, Anna	S2-P34
KOBUS, Angelika	S4-P67
KOBUS, Angelika	S4-P78
KOŚKA, Izabella	S1-P02

X Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

KOŚKA, Izabella	S4-P77
KOWALCZYK, Anna	S2-P18
KOWALCZYK, Anna	S4-P79
KOWALCZYK, Mateusz	S2-P19
KOWALEWSKA, Katarzyna	S3-P63
KRAKOWIAK, Patryk	S2-P35
KURPET, Katarzyna	S2-P36
LUBIKOWSKA, Dominika	S2-P20
ŁĄCKA, Marta	S1-P03
MAŃKOWSKA, Natalia	S1-P04
MARCINIAK, Lena	S2-P21
MIELCZARZ, Katarzyna	S2-P38
MIKSA, Karolina Anna	S2-P22
MUSIAŁ, Justyna	S4-P68
ORŁOWSKA, Aleksandra	S1-P05
PIETRZAK, Monika	S2-P49
PIKIEL, Marcin	S4-P69
PIÓRECKA, Kinga	S2-P39
PŁACHETA, Kamila	S1-P06
PODSKOCZYJ, Karolina	S2-P23
RAKOWSKA, Alicja Joanna	S2-P24
RUDNICKA, Daria	S2-P25
RUM, Jędrzej	S2-P40
SALAMON, Klaudia	S2-P26
SKŁADOWSKA, Wioleta	S1-P13
SKOWRON, Ewelina	S1-P14
SOBCZYŃSKA, Dominika	S2-P27
SOŁTYSIAK, Dominika	S4-P80
STASIAK, Agata	S1-P15
STRZELECKA, Natalia	S1-P16
SUCHOWIEJSKA, Aleksandra	S4-P70
SZAŁAS, Mateusz	S3-P59
SZAMWEBER, Patrycja	S2-P28
SZCZECHOWICZ, Maja	S3-P60
SZKUDLAREK, Łukasz	S2-P50
SZYMAJDA, Adam	S2-P51
TOMALA, Maciej	S2-P29
URBANIAK, Mateusz M.	S2-P37
VOROZHEIKIN, Anton	S2-P30
WACHULEC, Magdalena	S1-P07
WĄGROWSKI, Grzegorz	S1-P08
WIŚNIEWSKA, Klaudia	S2-P56
WOŹNIACKI, Rafał	S4-P71

X Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

WOŹNIAK, Agnieszka	S2-P41
WÓJCIK, Sandra	S3-P61
WÓJCIK, Sandra	S4-P81
ZBROJEWSKA, Magdalena	S4-P72
ZHYLINSKI, Henadzi	S3-P64
ZWIĄZEK, Angelika	S2-P52
ZWOLIŃSKA, Aneta	S2-P42



ISBN 978-83-66287-04-4

DOI 10.34658/9788366287044