KONFERENCJA
MŁODYCH NAUKOWCÓW

Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii
i Technologii Chemicznej
Jubileusz 60-lecia

WIiTChCraft 2026

Forum of Chemical Innovation



Książka abstraktów

BOOK OF ABSTRACTS

19 listopada 2026
Kraków

Jubileusz 60-lecia
Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej
Politechniki Krakowskiej

Złoty Sponsor Wydarzenia

synthos

Srebrni Sponsorzy Wydarzenia

DUOLIFE

Selvita

WITKO

HOGER
PRODUCENT KOMÓR RĘKAWICOWYCH

Partnerzy i patroni wydarzenia

Rektor
Politechniki Krakowskiej
prof. Andrzej Szarata

40 lat

shim-pol

SITP Chem

Polskie Towarzystwo Chemiczne

ALPBIS GROUP

PHOTO4CHEM

chemLand

vitaia

ORTIGAL
MATERIALS. TECHNOLOGY. INNOVATION.

IKA

Abstract Book of WIiTChCraft Students' and Young Scientists' Scientific Conference (Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK KUT)

2026, Edition 1

Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK Krakow University of Technology

Editors:
dr hab. inż. Katarzyna Bialik-Wąs, Prof. PK
dr hab. inż. Agnieszka Kulawik-Pióro
dr hab. inż. Magdalena Malinowska, Prof. PK
dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, Prof. PK
dr inż. Karolina Kula
mgr inż. Anna Drabczyk
mgr inż. Magdalena Chrobak
mgr inż. Kacper Odziomek
mgr Leszek Jurczak

DOI: 10.5281/zenodo.24318508

Scientific Commitee:
dr hab. inż. Piotr Michorczyk, prof. PK
prof. dr hab. inż. Przemysław Jodłowski
dr hab. inż. Katarzyna Bialik-Wąs, prof. PK
dr hab. inż. Magdalena Malinowska, prof. PK
dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, prof. PK
dr hab. inż. Agnieszka Kulawik-Pióro

Organising Commitee:
dr hab. inż. Katarzyna Bialik-Wąs, prof. PK
dr hab. inż. Magdalena Malinowska, prof. PK
dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, prof. PK
dr hab. inż. Agnieszka Kulawik-Pióro
dr inż. Karolina Kula
dr inż. Filip Koper
mgr inż. Anna Drabczyk
mgr inż. Marcin Piotrowski
mgr inż. Magdalena Chrobak
mgr inż. Dawid Dubiel
mgr inż. Karol Awdykowicz
mgr inż. Radosław Piech
mgr inż. Magda Ptaszkiewicz
mgr inż. Julia Chrzan
mgr Weronika Łącka
mgr Mateusz Kania
mgr Magdalena Sutkowska
mgr Jakub Wodka
mgr Iwona Kochan
mgr Anna Lacel-Olszewska
mgr Monika Zalewska-Pawlik
mgr Leszek Jurczak

Prezentacje ustne

sesja I

Smart Materials – Materiały funkcjonalne, polimery i nanotechnologia

BioTech Minds – Biotechnologia przemysłowa i molekularna

Skład komisji:

dr hab. inż. Jarosław Chwastowski, prof. PK

dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, prof. PK

dr inż. Przemysław Zaręba

Nowe strategie inicjowania fotopolimeryzacji kationowej i rodnikowej w technologiach addytywnych

Katarzyna Wolny[1], *Katarzyna Starzak*[1,2], *Andrzej Świeży*[3,4], *Filip Petko*[1], *Joanna Ortyl*[1,4,5]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3]Uniwersytet AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków

[4]Photo HiTech, ul. Bobrzyńskiego 14, 30-133 Kraków, Polska,

[5]Photo4Chem, ul. Lea 114, 30-348 Kraków, Polska,

e-mail: katarzyna.wolny@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Rozwój technologii addytywnych, w tym druku 3D z wykorzystaniem materiałów fotoutwardzalnych, wiąże się z poszukiwaniem nowych strategii inicjowania polimeryzacji, umożliwiających precyzyjną kontrolę procesu utwardzania oraz poprawę właściwości otrzymywanych materiałów. Szczególne znaczenie ma opracowanie układów fotoinicjujących aktywnych pod wpływem światła widzialnego, które umożliwiają wykorzystanie energooszczędnych źródeł LED oraz zwiększają możliwości utwardzania materiałów o większej grubości.

Obiecującą grupę związków wykorzystywanych w tego typu układach stanowią pochodne oligotiofenowe, charakteryzujące się rozbudowanym układem wiązań sprzężonych oraz korzystnymi właściwościami fotochemicznymi i elektrochemicznymi. Odpowiednia modyfikacja ich struktury pozwala na przesunięcie pasma absorpcji w kierunku dłuższych fal oraz zwiększenie efektywności procesów fotochemicznych. Wzbudzone cząsteczki mogą uczestniczyć w procesach transferu elektronu, prowadząc do aktywacji odpowiednich inicjatorów i zapoczątkowania polimeryzacji rodnikowej lub kationowej.

W ramach badań analizowane są właściwości spektroskopowe i elektrochemiczne nowych pochodnych oligotiofenowych, obejmujące pomiary absorpcji UV-Vis, fotolizy oraz woltamperometrii cyklicznej. Obecnie prowadzone badania skupiają się również na kinetyce fotopolimeryzacji z wykorzystaniem metody Real-Time FT-IR, umożliwiającej monitorowanie przebiegu reakcji w czasie rzeczywistym. Uzyskane wyniki pozwalają określić potencjał badanych związków jako fotosensybilizatorów w dwuskładnikowych układach fotoinicjujących.

Badania te stanowią podstawę do opracowywania nowych strategii inicjowania fotopolimeryzacji, które mogą znaleźć zastosowanie w technologiach addytywnych, przyczyniając się do rozwoju wydajnych systemów fotoutwardzania oraz poszerzenia możliwości projektowania materiałów polimerowych o kontrolowanych właściwościach.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER, numer projektu: LIDER15/0374/2024.

[1] Pączkowski, J. – Fotochemia polimerów, Wydawnictwo Naukowe UMK, 2003. Podstawy fotochemii, mechanizmy fotoinicjowania i fotopolimeryzacji.
[2] Huang, X., Yang, L., Bergquist, J., Strømme, M., Gogoll, A., Sjödin, M. (2015). Journal of Physical Chemistry C, 119(49), 27247–27254.

Kropki węglowe domieszkowane metalami ziem rzadkich – od syntezy do właściwości fotofizycznych i aplikacyjnych

***Dawid Skwarczek*[1], *Agnieszka Sysło*[1,2], *Katarzyna Starzak*[1,2], *Patryk Szymaszek*[1], *Kasidid Yaemsunthorn*[1], *Wiktor Kasprzyk*[1], *Joanna Ortyl*[1,3,4]**

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155

[3] Photo HiTech sp z.o.o, Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków, Polska

[4]Photo4Chem sp. z.o.o, Lea 114, 30-133 Kraków, Polska

e-mail: dawid.skwarczek@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Kropki węglowe (carbon dots, CDs) są nanomateriałami węglowymi, które ze względu na swoją znakomitą rozpuszczalność w wodzie, znaczącą stabilność chemiczną, niską toksyczność oraz możliwość regulacji właściwości optycznych stanowią temat o znaczącym zainteresowaniu środowiska naukowego. Z tego powodu znajdują one coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach nauki między innymi: w fotokatalizie, sensoryce, bioobrazowaniu oraz technologiach opartych na procesach fotochemicznych. Mimo licznych badań dotyczących zależności pomiędzy strukturą chemiczną kropek węglowych a ich właściwościami optycznymi, kwestia ta nadal nie została w pełni wyjaśniona.

Celem niniejszej pracy było scharakteryzowanie kropek węglowych otrzymanych prostą i ekonomiczną metodą syntezy - pirolizą, aby określić zależności pomiędzy ich składem chemicznym a właściwościami fotofizycznymi. Otrzymane materiały analizowano z wykorzystaniem metod spektrofotometrii UV-Vis, spektrofluorymetrii, spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) oraz mikroskopii FT-IR. Kropki użyto jako fotosensabilatorów w druku 3D. Zastosowanie kilku komplementarnych technik umożliwiło określenie właściwości optycznych, efektywności oraz potencjału aplikacyjnego badanych układów w fotochemicznych procesach transferu elektronu, takich jak sensybilizacja polimeryzacji rodnikowej.

Podziękowania, finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS pt. „Nowe możliwości rozwoju strategii projektowania i funkcjonalizacji kropek węglowych jako wielofunkcyjnych, dynamicznych, zielonych systemów fotoinicjujących i fotokatalizatorów wykorzystywanych w procesach fotopolimeryzacji”, nr umowy UMO-2021/41/B/ST5/04533. Badania zostały sfinansowane przez FutureLab Politechnika Krakowska.

Projektowanie i charakterystyka hybrydowych biotuszy o właściwościach bodźcoresponsywnych do potencjalnych zastosowań w biodruku 4D tkanek miękkich

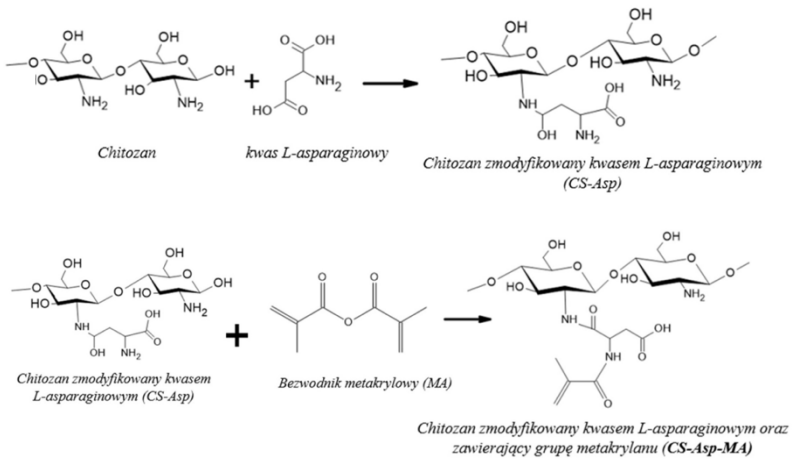
Julia Herchel[1], *Julia Radwan-Pragłowska*[1], *Łukasz Janus*[1]

[1] Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: julia.herchel@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Biodruk 4D rozwija technologię biodruku 3D o możliwość dynamicznej zmiany właściwości lub kształtu drukowanych struktur pod wpływem bodźców środowiskowych. Perspektywiczną grupę materiałów do tego typu zastosowań stanowią hydrożele, ze względu na wysoką zawartość wody i podobieństwo do naturalnej macierzy zewnątrzkomórkowej. Celem pracy było opracowanie i wstępna charakterystyka hybrydowych materiałów hydrożelowych na bazie chitozanu modyfikowanego wybranymi aminokwasami, przeznaczonych do potencjalnego zastosowania jako biotusze w biodruku 4D tkanek miękkich. Zastosowano dwuetapową strategię modyfikacji matrycy chitozanowej: w pierwszym etapie przeprowadzono jej funkcjonalizację aminokwasami, a następnie otrzymane materiały poddano metakrylacji z wykorzystaniem różnych objętości bezwodnika metakrylowego. Wprowadzenie grup metakrylowych miało umożliwić fotochemiczne sieciowanie układów z udziałem fotoinicjatora LAP. Otrzymane materiały scharakteryzowano z wykorzystaniem spektroskopii FT-IR, oceny makroskopowej procesu fotousieciowania, badań pęcznienia i biodegradacji, analizy cytotoksyczności oraz obserwacji morfologii metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Przyjęty zakres badań umożliwia porównanie wpływu zastosowanych modyfikacji na właściwości fizykochemiczne i biologiczne materiałów oraz wstępną ocenę ich przydatności do dalszego rozwoju biotuszy przeznaczonych do inżynierii tkanek miękkich.



Schemat 1. Schemat dwuetapowej modyfikacji chitozanu kwasem L-asparaginowym i bezwodnikiem metakrylowym.

Badania przedstawione w niniejszej pracy zostały sfinansowane w ramach projektu pt. „Nowatorska gama innowacyjnych, bodźco-responsywnych biotuszy otrzymywanych z biomasy odpadowej, jako nowa era w biodruku 4D”, realizowanego w programie „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”, finansowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (nr projektu: SKN/SP/631435/2025).

Fikocyjanina jako modyfikator właściwości poli(cytrynianów alkilenów) do zastosowań biomedycznych

Izabela Barczyk[1], *Filip Koper*[1], *Wiktor Kasprzyk*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: izabela.barczyk@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Poli(cytryniany alkilenu) (PAC) są to poliestry oparte na kwasie cytrynowym (CTR) i wybranych diolach. Są to biozgodne materiały, mające wiele zastosowań w inżynierii tkankowej, a zwłaszcza w inżynierii naczyń krwionośnych. Jednak, aby dalej poszerzyć zakres stosowalności materiałów PAC wprowadza się modyfikacje do ich struktury, które nadają takim materiałom nowe funkcjonalności, np. właściwości przeciwutleniających czy fluorescencyjnych.

Celem niniejszej pracy jest modyfikacja poli(cytrynianów alkilenów) (PAC) fikocyjaniną w celu wprowadzenia do materiału fikocyjanobiliny (PCB) – związku nadającego czerwoną fluorescencję. Taka modyfikacja ma na celu umożliwić potencjalną obserwację procesu zagnieżdżania oraz późniejszej degradacji implantu poprzez pokrywy skórne pacjenta bez konieczności stosowania metod inwazyjnych.

Modyfikacja materiałów została wykonana na trzy sposoby: na etapie syntezy prepolimeru (do biomateriałów dodano fikocyjaninę a następnie otrzymany materiał usieciowano w suszarce), na etapie sieciowania prepolimeru (przygotowano próbki poprzez wylanie prepolimeru do form, następnie dodano do nich fikocyjaninę i usieciowano materiał w suszarce) oraz powierzchniowo (z usieciowanego materiału wybito kółko o średnicy 6 mm i zanurzono w roztworze fikocyjaniny na 24 h w 60 °C).

Otrzymane materiały metodą modyfikacji na etapie syntezy prepolimeru oraz sieciowania prepolimeru charakteryzowały się jednolitą strukturą, delikatnie zielonym zabarwieniem i pomarańczowo-czerwoną emisją przy naświetlaniu światłem o dł. fali 365 nm. Otrzymane materiały poddano badaniom właściwości fluorescencyjnych, otrzymując widma emisji fotoluminescencji oraz mapy 3D fluorescencji. W dalszych etapach badań materiały będą również zbadane pod kątem właściwości przeciwutleniających, a także zbadane zostaną wytrzymałość na rozciąganie i twardość.

Badania finansowane z projektu „Preludium" Narodowego Centrum Nauki nr UMO-2021/41/N/ST4/03362.

[1] Krępska, M., Lasoń-Rydel, M., & Jagiełło, J. (**2016**). Charakterystyka, właściwości, perspektywy i trudności stosowania niebieskich barwników naturalnych do barwienia produktów spożywczych. Technologia i Jakość Wyrobów, 61, 63-68

[2] Shang, M.-h., Sun, J.-f., Bi, Y., Xu, X.-t., & Zang, X.-n. (**2023**). Fluorescence and antioxidant activity of heterologous expression of phycocyanin and allophycocyanin from Arthrospira platensis. Frontiers in Nutrition, 10, 1127422.

[3] F. Koper i in., „Advancements in structure-property correlation studies of cross-linked citric acid-based elastomers from the perspective of medical application", J. Mater. Chem. B, t. 9, nr 32, ss. 6425–6440,

Modyfikacja środowiska porów materiałów MOF poprzez polimeryzację wolnorodnikową – hybrydy polimer@MOF do sorpcji wody

Mateusz Najman[1], Magdalena Kozieł-Szymańska[1], Marzena Pander[2], Izabela Czeluśniak[1] Wojciech Bury[1]

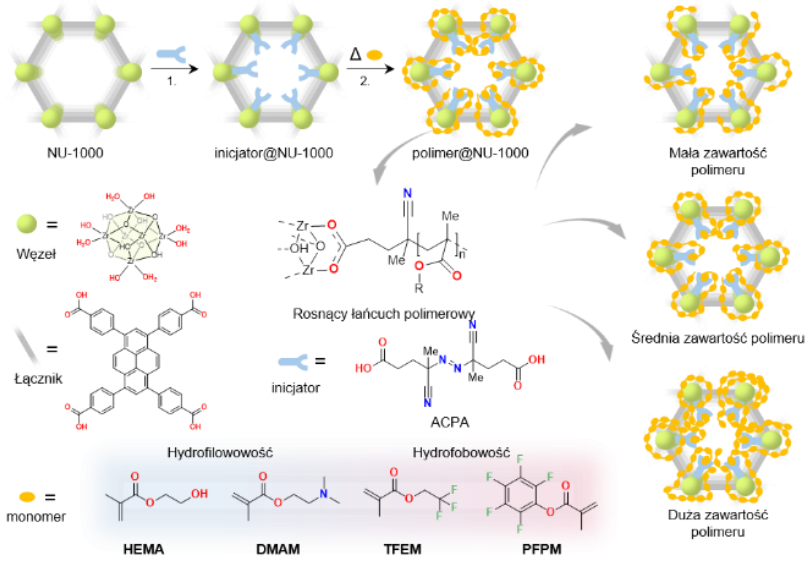
[1] Wydział Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego

[2]Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego

e-mail: 331248@phd.edu.uwr.pl

Streszczenie:

Oddziaływania pomiędzy wodą a materiałami porowatymi odgrywają istotną rolę w procesach adsorpcji i magazynowania wody, a także w zastosowaniach wymagających zachowania stabilności materiału w warunkach podwyższonej wilgotności. W tym kontekście sieci metaliczno-organiczne (MOF) stanowią obiecującą grupę materiałów ze względu na rozwiniętą powierzchnię, kontrolowaną porowatość oraz możliwość dostosowywania ich składu chemicznego i struktury do określonych zastosowań. Cechy te umożliwiają ich wykorzystanie m.in. w pozyskiwaniu wody z powietrza [1] czy oczyszczaniu wody [2]. Efektywność sieci MOF w tych zastosowaniach zależy jednak nie tylko od ich zdolności sorpcyjnych, lecz także od stabilności strukturalnej podczas kontaktu z wodą. Procesy adsorpcji i desorpcji mogą bowiem prowadzić do zmian w strukturze porowatej, ograniczając dostępność porów i pogarszając właściwości sorpcyjne materiału.



Rysunek 1. Schemat strategii otrzymywania hybryd polimer@MOF.

Celem pracy było zaprojektowanie, synteza i charakterystyka nowej serii hybrydowych materiałów polimer@MOF, otrzymywanych metodą postsyntetycznej polimeryzacji rodnikowej *in situ* w sieciach metaliczno-organicznych (*FRaP-in-MOF*) [3]. Zastosowana strategia pozwoliła na

wprowadzenie łańcuchów polimerowych do struktury porowatej MOF poprzez polimeryzację monomerów w obecności materiału gospodarza, z wykorzystaniem inicjatora rodnikowego trwale przyłączonego do węzłów sieci. Takie podejście umożliwia modyfikację środowiska chemicznego porów bez konieczności zasadniczej zmiany struktury wyjściowego materiału. Otrzymane hybrydy wykazują właściwości sorpcyjne zależne od rodzaju zastosowanego polimeru, przy jednoczesnym zachowaniu porowatości materiału wyjściowego. Uzyskane wyniki wskazują na potencjał modyfikacji polimerowej w dostosowywaniu właściwości powierzchni i środowiska porów MOF, co może przyczynić się do opracowania materiałów o właściwościach dopasowanych do konkretnych zastosowań sorpcyjnych.

Finansowane dzięki NCN Preludium Bis: UMO-2022/47/O/ST4/01081.

[1] W. Xu, O.M. Yaghi, ACS Central Science, **2020**, 6, 8, 1348–1354.
[2] C. Wang, C. Xiong, Y. He, C. Yang, X. Li, J. Zheng and S. Wang, Chem. Eng. J., **2021**, 415, 128923.
[3] M. Pander, C. Perona-Bermejo, R. Gil-San-Millan, P. Delgado, U. Kostrzewa, K. Kaczkowski, D. J. Kubicki, J.A.R. Navarro, W. Bury, Materials Horizons, **2023**, 10, 1301; b) M. Kozieł-Szymańska, M. Najman, I. Czeluśniak, D. Matoga, M. Pander, W. Bury, **2026**, wysłane.

Bioatramenty chitozanowe z nanocząstkami tlenków ziem rzadkich: reologia, drukowalność i właściwości biologiczne

Klaudia Kuźmiak[1], *Aleksandra Sierakowska-Byczek*[2], *Julia Radwan-Pragłowska*[2], *Łukasz Janus*[2]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: klaudia.kuzmiak@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Celem pracy jest opracowanie kompozytowych bioatramentów na bazie metakrylowanego chitozanu (ChiMA) modyfikowanych nanocząstkami tlenków ziem rzadkich (REE), z myślą o zastosowaniu w ekstruzyjnym druku 3D/4D. Na obecnym etapie skupiono się na charakterystyce materiału bazowego. Chitozan pochodzenia grzybowego poddano deacetylacji w celu poprawy rozpuszczalności i reaktywności, a następnie metakrylacji, wprowadzając fotoreaktywne grupy metakrylanowe umożliwiające fotosieciowanie. Produkt oczyszczono metodą dializy i liofilizowano, a na jego bazie przygotowano wodne formulacje o różnym stężeniu polimeru. Formulacje poddano szczegółowej analizie reologicznej obejmującej krzywe lepkości, test tiksotropii, pomiary w funkcji temperatury oraz testy oscylacyjne (amplitude sweep i frequency sweep). Pozwoliło to ocenić rozrzedzanie ścinaniem, odbudowę struktury po ścinaniu, stabilność termiczną i właściwości lepkosprężyste w zależności od stężenia ChiMA. Drukowalność oceniono w próbach druku ekstruzyjnego, a dla wybranych formulacji przeprowadzono wstępne fotosieciowanie.

Równolegle zsyntezowano nanocząstki tlenków pierwiastków ziem rzadkich metodą strąceniową wspomaganą mikrofalami i oceniono ich aktywność przeciwbakteryjną wobec szczepu *E. coli*. Kolejnym etapem będzie wprowadzenie nanocząstek do matrycy ChiMA i ocena ich wpływu na reologię, drukowalność oraz właściwości biologiczne kompozytu.

Uzyskane wyniki pozwoliły wskazać formulacje ChiMA o korzystnych właściwościach przepływu, szybkiej odbudowie struktury i dobrej wierności kształtu wydruku. Stanowią one podstawę do opracowania bioatramentów kompozytowych z nanocząstkami REE, które mogą nadać materiałowi aktywność przeciwbakteryjną i poszerzyć jego potencjał w inżynierii tkankowej, medycynie regeneracyjnej oraz druku 4D.

[1] M. Zanon, et al., Mater. Adv. 3 (**2022**) 514–525 https://doi.org/10.1039/d1ma00765c.
[2] M. Klak, et al., J. Funct. Biomater. 15 (**2024**) 251 https://doi.org/10.3390/jfb15090251.
[3] R. Ribeiro, et al., Drug Deliv. Transl. Res. 13 (**2023**) 1799–1812 https://doi.org/10.1007/s13346-023-01294-y

Porównanie efektywności nowego jednoskładnikowego i standardowego dwuskładnikowego układu fotoinicjującego w fotoaktywnych żywicach na bazie ESOA do wysokorozdzielczego druku 3D porowatych struktur o potencjalnym zastosowaniu w inżynierii tkankowej

Weronika Wałczyk[1,2]*, Andrzej Świeży*[3,5]*, Filip Petko*[1,5], Patryk Szymaszek[1], Davy-Louis Versace[4], Roman Popielarz[1], Joanna Ortyl[1,5,6]

[1] Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[2] Szkoła Doktorska, Politechnika Krakowska, Warszawska 24, 31-155, Kraków, Polska

[3] Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

[4] Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est (ICMPE), UMR CNRS-UPEC 7182, 2-8 rue Henri Dunant, Thiais 94320, Francja

[5] Photo HiTech Ltd., Bobrzyńskiego 14, 30-348, Kraków, Polska

[6] Photo4Chem ltd., Juliusza Lea 114/416A-B, 31-133, Kraków, Poland

e-mail: weronika.walczyk@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Rosnące zainteresowanie zrównoważonymi materiałami polimerowymi sprzyja rozwojowi fotoutwardzalnych żywic opartych na surowcach pochodzenia odnawialnego. Jednym z obiecujących komponentów tego typu formulacji jest akrylowany epoksydowany olej sojowy (ESOA). Zastosowanie ESOA pozwala ograniczyć udział surowców petrochemicznych, a jednocześnie daje możliwość projektowania materiałów o właściwościach dostosowanych do zastosowań funkcjonalnych i biomedycznych [1]. Efektywność procesu fotopolimeryzacji takich układów w dużym stopniu zależy jednak od rodzaju zastosowanego fotoinicjatora, który wpływa na szybkość reakcji, stopień konwersji oraz przebieg sieciowania.

Celem pracy było porównanie efektywności nowo opracowanego fotoinicjatora zsyntetyzowanego poprzez kowalencyjne połączenie chromoforu DMPA z N-etylokarbazolem z odpowiadającym mu dwuskładnikowym układem inicjującym, zawierającym te związki jako odrębne komponenty.

Efektywność badanych układów oceniono z wykorzystaniem spektroskopii real-time FTIR oraz różnicowej kalorymetrii skaningowej. Właściwości ciekłych żywic scharakteryzowano za pomocą pomiarów reologicznych, natomiast ich zachowanie podczas naświetlania oraz przebieg procesu sieciowania analizowano z wykorzystaniem fotoreologii. Dodatkowo oceniono możliwość zastosowania opracowanego fotoinicjatora w procesie druku 3D.

Uzyskane wyniki wykazały, że nowy jednoskładnikowy fotoinicjator charakteryzuje się wyższą efektywnością inicjowania fotopolimeryzacji w porównaniu z odpowiadającym mu układem dwuskładnikowym w zakresie widzialnym. Korzystniejsze parametry fotopolimeryzacji oraz odpowiednie właściwości reologiczne żywic umożliwiły ich zastosowanie w procesie druku 3D. W ramach badań przygotowano również wydruki zawierające ZnO oraz oceniono ich właściwości antybakteryjne. Otrzymane rezultaty wskazują na potencjał opracowanego fotoinicjatora w projektowaniu funkcjonalnych żywic fotoutwardzalnych oraz struktur typu scaffold przeznaczonych do zastosowań w inżynierii tkankowej.

Niniejsza praca badawcza była finansowana ze środków projektu LIDER NCBiR nr umowy LIDER13/0081/2022 „Innovative porous ceramic materials printed in the DLP technique with the use of high-performance photochemical initiators dedicated to integration with bone tissue”.

[1] Miao, S. et al., *Scientific reports*, **2016**, 6, 27226.

Pianki wiskoelastyczne z udziałem bio- i rebiopolioli

Michał Kucała[1], *Elżbieta Malewska*[1], *Maria Kurańska*[2], *Aleksander Prociak*[2]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: michal.kucala@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Wiskoelastyczne pianki poliuretanowe są używane przede wszystkim w przemyśle meblarskim i motoryzacyjnym. W porównaniu z konwencjonalnymi elastycznymi piankami poliuretanowymi wyróżniają się m.in. opóźnionym powrotem do pierwotnego kształtu po usunięciu naprężenia wywołującego odkształcenie. Ich charakterystyczne właściwości fizykomechaniczne wynikają z segmentowej budowy poliuretanu, obejmującej występujące naprzemiennie lub przeplatające się segmenty elastyczne i sztywne. Tradycyjnie materiały te otrzymuje się z surowców pochodzenia petrochemicznego [1].

W ramach przeprowadzonych badań oceniono wpływ zastosowania biopoliolu otrzymanego z oleju rzepakowego i/lub repolioli uzyskanych w procesie glikolizy odpadowych poliuretanów na właściwości wiskoelastycznych pianek poliuretanowych. Glikolizie poddano odpady zarówno elastycznych, jak i sztywnych pianek poliuretanowych. Otrzymane surowce scharakteryzowano pod względem właściwości fizykochemicznych, oznaczając m.in. ich liczbę hydroksylową oraz lepkość. Biopoliolem i/lub repoliolami zastępowano do 40%$_{mas.}$ polioli petrochemicznych w przedmieszce poliolowej będącej jednym z komponentów systemu poliuretanowego.

Zmodyfikowane systemy poliuretanowe miał podobny przebieg i parametry procesu spieniania jak w przypadku referencyjnego systemu petrochemicznego. Natomiast odpowiednie pianki charakteryzowały się zbliżonymi cechami struktury komórkowej i wybranymi właściwościami fizykomechanicznymi do materiału odniesienia. Częściowe zastąpienie surowców petrochemicznych odnawialnymi i pochodzącymi z recyklingu może być zastosowane w produkcji wiskoelastycznych pianek poliuretanowych i jednocześnie wpisuje się w założenia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym oraz Zrównoważonego Rozwoju.

Niniejsze badania realizowano częściowo w ramach projektu SONATA UMO-2021/43/D/ST5/01222, pt. „Analiza możliwości chemolizy bio-materiałów poliuretanowych syntezowanych z bio-polioli o różnej strukturze chemicznej i analiza wpływu otrzymanych bio-recyklatów na proces ekspansji i właściwości nowych bio-poliuretanów" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

[1] Kucała, M. et al., *Journal of Cleaner Production*, **2026**, 552, 147877.

Jeśli błotnik do roweru to druk 3D czy laminowanie? Analiza porównawcza właściwości mechanicznych i eksploatacyjnych kompozytowych części rowerowych.

Mikołaj Pokorzyński[1]

[1] Politechnika Poznańska

e-mail: mikolaj.pokorzynski@doctorate.put.poznan.pl

Streszczenie:

W dobie dynamicznego rozwoju przemysłu rowerowego kluczowym wyzwaniem konstrukcyjnym pozostaje optymalizacja relacji masy do wytrzymałości oraz tłumienia drgań. Prezentacja przedstawia wielokryterialne studium porównawcze właściwości mechanicznych, technologicznych i użytkowych kompozytowych części rowerowych (na przykładzie błotnika), wytwarzanych dwiema technologiami: drukiem przyrostowym (FDM) oraz laminowaniem ręcznym.

W badaniach zestawiono próbki wydrukowane z filamentów wzmacnianych ciętym włóknem węglowym – poliamidu (PA12-CF) oraz poli(tereftalanu etylenu) z domieszką glikolu (PETG-CF) – z laminatami o ciągłym zbrojeniu węglowym na osnowie epoksydowej (CF-EL) i poliestrowej (CF-PL). Zakres prac obejmował wyznaczenie gęstości, udziału masowego napełniaczy, próbę zginania statycznego, udarność Charpy'ego, twardość w skali Shore'a D, analizę SWOT procesów oraz terenowe testy eksploatacyjne na rowerze.

Wyniki dowodzą silnej korelacji między architekturą zbrojenia i doborem osnowy a zachowaniem mechanicznym detalu. Klasyczne laminaty wykazały dominującą sztywność i twardość, wariant CF-PL odznaczył się najwyższą absorpcją energii udarowej kosztem rozległej delaminacji struktury, jednak za cenę wyższej pracochłonności i masy. Z kolei druk 3D umożliwił istotną redukcję masy: materiał PA12-CF połączył najniższą gęstość z wysoką zdolnością do tłumienia drgań w warunkach terenowych, podczas gdy wariant PETG-CF uległ kruchemu pęknięciu. Sformułowano wniosek końcowy: najkorzystniejszym rozwiązaniem byłby model hybrydowy łączący zalety druku 3D z laminowaniem ciągłym włóknem.



Rysunek 1 - Zdjęcie ukazujące zamontowany model wydrukowanego błotnika pod siodełkiem roweru (PETG-CF).

Narodowe Centrum Nauki w ramach programu SONATA 17 pt.„Badania wpływu warunków kształtowania kompozytów polimerowych na stabilizujące oddziaływanie funkcjonalnych napełniaczy pochodzenia roślinnego".

[1] Pokorzyński, M., *Analiza procesu wytwarzania części rowerowych metodą druku 3d i laminowania oraz ocena ich właściwości*, **2026**.

Od kultur *in vitro* do aktywności przeciwbakteryjnej – biotechnologiczny potencjał różeńca górskiego (*Rhodiola rosea* L.)

Wiktoria Dominik[1], *Dawid Kocot*[1], *Patrycja Fidelus*[2], *Aleksandra Królicka*[3], *Wojciech Makowski* [1]

[1] Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Polska

[2] YRGH sp. z o.o., Tokarnia, Poland

[3] Zakład Badania Związków Biologicznie Czynnych, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Polska

e-mail: wiktoria.dominik@student.urk.edu.pl

Streszczenie:

Różeniec górski (*Rhodiola rosea* L.) należy do najlepiej poznanych roślin adaptogennych. Swoje właściwości zawdzięcza obecności charakterystycznych metabolitów wtórnych, przede wszystkim rozawin i salidrozydu, wykorzystywanych w preparatach wspomagających adaptację organizmu do działania czynników stresowych. Ze względu na rosnące zapotrzebowanie na surowiec oraz ograniczoną dostępność materiału roślinnego coraz większego znaczenia nabierają biotechnologiczne metody jego pozyskiwania, w tym kultury *in vitro*.

Celem badań była ocena wpływu różnych systemów uprawy *in vitro* na akumulację wybranych grup metabolitów wtórnych oraz określenie aktywności przeciwbakteryjnej ekstraktów otrzymanych z materiału roślinnego pochodzącego z kultur *in vitro*, w porównaniu do roślin pozyskanych z upraw polowych wobec bakterii *Staphylococcus aureus*. Metody spektrofotometryczne pozwoliły na zbadanie zawartości wybranych grup metabolitów wtórnych, a metoda seryjnych rozcieńczeń pożywki na płytkach 96-dołkowych pozwoliła na wyznaczenie minimalnego stężenia hamującego wzrost drobnoustrojów, jak i bakteriobójczego.

Uzyskane wyniki wykazały, że akumulacja cennych metabolitów wtórnych zależna jest od warunków uprawy roślin różeńca. Wszystkie analizowane ekstrakty wykazywały aktywność przeciwbakteryjną, której poziom zależał od sposobu uprawy, organu roślinnego, jak i (w przypadku roślin z warunków polowych) płci. Otrzymane wyniki wskazują, że różeniec górski stanowi bogate źródło naturalnych związków o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych. Jednocześnie potwierdzają, że zastosowanie kultur *in vitro* może stanowić skuteczne narzędzie do pozyskiwania biomasy przeznaczonej do dalszych badań oraz rozwoju technologii wykorzystujących bioaktywne związki pochodzenia roślinnego w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym.

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznany przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Studenckie Koła Naukowe Tworzą Innowacje”. Projekt numer SKN/SP/658732/2026: „Opracowanie nowatorskich technologii uprawy tkanek różeńca górskiego z wykorzystaniem metod biotechnologicznych w celu pozyskiwania rozawiny i salidrozydu do produkcji adaptogenów”, realizowany od 23.03.2026 do 23.03.2027 r. Kwota finansowania projektu: 70000 PLN, całkowita wartość projektu: 70000 PLN.

Perspektywy aplikacyjne fluoroforów pochodzących z kwasu cytrynowego

Amelia Marcyzak[1], ***Martyna Przybyła***[1], *Wiktor Kasprzyk*[1], *Alicja Wysocka*[1], *Laurencja Chrapek*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: amelia.marcyzak@student.pk.pl, martyna.przybyla@student.pk.pl

Streszczenie:

Celem prowadzonych badań jest otrzymanie i kompleksowa analiza nowych materiałów o potencjale fotokatalitycznym, bazujących na emitujących w zakresie czerwonym kropkach węglowych oraz związanych z nimi fluoroforach molekularnych. Kropki węglowe, będące nanostrukturami fluorescencyjnymi o rozmiarach nieprzekraczających 20 nm, przyciągają uwagę jako potencjalne alternatywy dla tradycyjnych katalizatorów nieorganicznych. Ich praktyczne wykorzystanie pozostaje jednak ograniczone ze względu na niepełną wiedzę dotyczącą ich struktury, a także zależności pomiędzy budową a właściwościami optycznymi i katalitycznymi. W celu lepszego poznania tych zależności opracowywane jest podejście oparte na wykorzystaniu układów micelarnych o kontrolowanej architekturze, zawierających fluorofory molekularne związane z kropkami węglowymi. Umożliwi to dokładniejsze określenie wpływu struktury poszczególnych komponentów na właściwości otrzymywanych układów i stworzy podstawy do projektowania wydajnych fotokatalizatorów. Badania obejmowały syntezę związków metodą bottom-up, wykorzystującą termiczny rozkład prekursorów organicznych. Reakcje prowadzono w środowisku wodnym, w reaktorach ciśnieniowych, stosując kwas cytrynowy (CA) w połączeniu z różnymi aminami. W wyniku przeprowadzonych syntez otrzymano mieszaniny poreakcyjne zawierające związki o strukturach pochodnych tetrahydroimidazopirydyny. Szczególną uwagę poświęcono produktom reakcji kwasu cytrynowego z 1,2-diaminopropanem, 2-aminobenzyloaminą oraz N-metyloetylenodiaminą. Istotnym etapem prac było opracowanie skutecznej procedury rozdziału i izolacji poszczególnych składników z wykorzystaniem preparatywnej wysokosprawnej chromatografii cieczowej (prep-HPLC). Czystość otrzymanych frakcji oceniano metodą HPLC-DAD, natomiast strukturę wyizolowanych związków określano na podstawie wyników wysokorozdzielczej spektrometrii mas (HR-LCMS) oraz spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (^{1}H NMR). Charakterystykę właściwości fotofizycznych przeprowadzono z zastosowaniem spektroskopii UV-Vis i spektrofluorymetrii. Pozwoliło to na określenie wydajności kwantowej emisji oraz ocenę wpływu pH środowiska na stabilność właściwości emisyjnych badanych związków. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do dalszych badań nad zależnością pomiędzy strukturą molekularną a właściwościami optycznymi materiałów przeznaczonych do zastosowań fotokatalitycznych.

Projekt "Przekształcenie czerwonej gorączki kropek węglowych w czerwony dywan dla fotokatalizy" finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach konkursu „Sonata 20" umowa nr UMO-2024/55/D/ST5/03151.

Prezentacje ustne

sesja II

Analytica – see beyond the signal – Analityka chemiczna, nowoczesne metody badawcze

Engineering the Chemistry – Technologia chemiczna i Inżynieria procesowa

Molecules by Design – Chemia organiczna, projektowanie i synteza związków bioaktywnych

Skład komisji:

dr hab. inż. Szczepan Bednarz, prof. PK

dr hab. inż. Barbara Król, prof. PK

dr inż. Damian Kułaga

Otrzymywanie i charakterystyka właściwości optycznych nowych fluoroforów z kwasu cytrynowego

***Jakub Nawara*[1], *Justyna Pieczonka*[1], *Iga Żółtowska*[1]**

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: jakub.nawara@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Kwas cytrynowy to organiczny związek chemiczny, który należy do hydroksykwasów. Posiada trzy grupy karboksylowe [1]. Występuje prawie we wszystkich organizmach żywych. Jest ważnym składnikiem cykli metabolicznych, w tym cyklu Krebsa [2]. W wyniku kondensacji kwasu cytrynowego z β-podstawionymi aminami powstają związki fluorescencyjne (fluorofory) [3]. Stanowią one kluczową grupę związków luminescencyjnych o szerokim spektrum zastosowań, obejmującym analitykę chemiczną, bioczujniki oraz zaawansowane techniki biooobrazowania [4].

Celem niniejszych badań była synteza i szczegółowa charakterystyka nowych fluorescencyjnych pochodnych otrzymanych z kwasu cytrynowego. W pierwszym etapie badań przeprowadzono serię reakcji przesiewowych pomiędzy kwasem cytrynowym a wybranymi β- i lub γ-podstawionymi aminami. Powstałe związki poddano analizie z wykorzystaniem HPLC-DAD-FL. Na podstawie otrzymanych wyników, wybrano trzy pochodne o najwyższej wydajności i potencjale emisyjnym otrzymane z użyciem: treoniny oraz chlorowodorków 3-aminopropano-1-tiolu oraz azetydyno-3-aminy. W kolejnym etapie, przeprowadzono syntezy korzystając z różnych stosunków molowych reagentów. Po ustaleniu najlepszych warunków, reakcje powtórzono w skali półpreparatywnej (160 °C, 1,5 h). Otrzymane mieszaniny przeanalizowano ponownie z wykorzystaniem HPLC. Następnie, wyizolowano czyste frakcje za pomocą preparatywnej wersji HPLC. Produkt powstały w wyniku reakcji kwasu z 3-aminopropano-1-tiolem poddano analizie spektroskopowej NMR (1D i 2D), co pozwoliło na potwierdzenie struktury chemicznej cząsteczki. Otrzymany fluoroofor scharakteryzowano pod kątem właściwości optycznych; wykonano widma absorpcji, wzbudzenia oraz emisji przy różnych stężeniach w wodzie, metanolu oraz acetonitrylu.

[1] “Citric acid $C_6H_8O_7$, PubChem.” [Online]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citric-Acid
[2] Książek, E., *Molecules,* **2024**, 29, 22
[3] Kasprzyk, W. et. al., *RSC Adv.,* **2015**, 5, 44, 34795–34799
[4] Liu, M., *Nanoarchitectonics*, **2020**, 1, 1-12

Badanie wpływu mieszalników statycznych na intensyfikację wymiany ciepła w wymienniku ciepła typu rura w rurze

Maria Dera[1], *Mateusz Prończuk*[1]

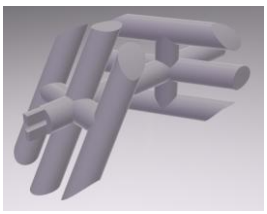
[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: maria.dera@student.pk.edu.pl

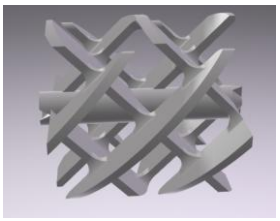
Streszczenie:

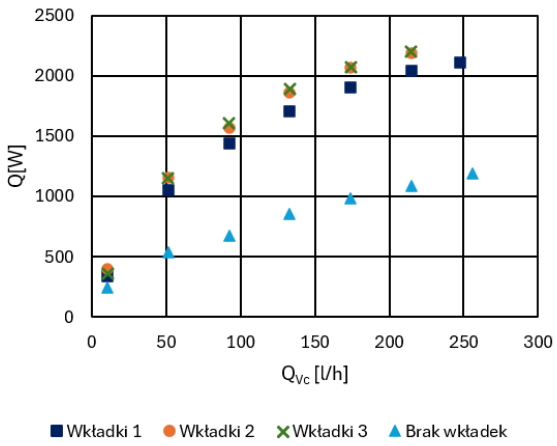
Mieszanie jest istotnym elementem procesów przemysłowych, wpływającym na wydajność i czas trwania procesu, ilość powstających produktów ubocznych, szybkość wymiany masy i ciepła oraz jakość produktu. Od wielu lat obok klasycznych mieszalników stosuje się w tym celu również mieszalniki statyczne. Mają one postać nieruchomych elementów umieszczanych wewnątrz rur, które umożliwiają mieszanie poprzez rozdzielanie i zmianę kierunku strumieni płynu procesowego. Warto zaznaczyć, że urządzenia te wykorzystują energię przepływającego płynu, dzięki czemu są efektywne energetycznie, obniżają koszty operacyjne oraz zapewniają ciągłość procesu. Ponadto omawiane elementy pozwalają na efektywne mieszanie przy zachowaniu niskich naprężeń ścinających, które mogą powodować uszkodzenie delikatnych produktów reakcji mikrobiologicznych.[1]

Przeprowadzone badania dotyczyły analizy wpływu mieszalników statycznych na wymianę ciepła w wymienniku typu rura w rurze. W pierwszym etapie zamodelowano trzy różne geometrie mieszalnika statycznego. Następnie modele wydrukowano z wykorzystaniem drukarki 3D i odpowiednio połączono, uzyskując wkładki mieszalnika statycznego. Po umieszczeniu wkładki w rurze otrzymano trzy różne mieszalniki statyczne. W kolejnym kroku dla zadanych temperatur początkowych i natężeń przepływu, mierzono ilość wymienianego ciepła. Wyniki eksperymentów wykazały, że zastosowanie mieszalnika statycznego nawet dwukrotnie zwiększa ilość wymienianego ciepła, odbywa się to jednak kosztem większego spadku ciśnienia.

a) 

b) 

c) 

d) 

Rysunek 1 – a) Wkładki 1, b) Wkładki 2, c) Wkładki 3, d) Zależność ilości wymienianego ciepła, Q, w wymienniku typu rura w rurze od natężenia przepływu wody ciepłej Q_{Vc}, przy stałym natężeniu przepływu wody zimnej Q_{Vz}=400 [l/h], dla badanych mieszalników.

Kolejnym etapem prac badawczych będzie wyznaczenie równań kryterialnych oraz współczynników wnikania ciepła na podstawie uzyskanych danych eksperymentalnych.

[1] von Damnitz, L. et al., *ChemEngineering*, **2025**, 9(6), 128.

Stabilizacja chemiczna związków rtęci w odpadach rozbiórkowych

Beata Matuszek[1]*, Maciej Gliniak*[1]

[1] Katedra Inżynierii Bioprocesów, Energetyki i Automatyzacji, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

e-mail: beata.chudy@urk.edu.pl

Streszczenie:

Rtęć należy do szczególnie problematycznych zanieczyszczeń środowiska ze względu na toksyczność, mobilność i możliwość przemian wpływających na jej biodostępność. Technologie stabilizacji odpadów zawierających rtęć opierają się m.in. na przekształcaniu jej w trudno rozpuszczalne związki, zwłaszcza siarczek rtęci (HgS) [1, 2], oraz zestalaniu w matrycach mineralnych [3, 4].

Celem badań była ocena skuteczności stabilizacji rtęci w odpadach mineralnych przy użyciu trzech preparatów siarkowych: RS32, RS40 i polisiarczku sodu, a także określenie właściwości kompozytów cementowych zawierających ustabilizowany odpad. Materiał o początkowej zawartości rtęci 130 mg/kg poddano obróbce chemicznej. Mobilność rtęci oceniono metodą zmodyfikowanej ekstrakcji sekwencyjnej BCR, oznaczając jej stężenie techniką CVAAS.

Najskuteczniejszym reagentem okazał się polisiarczek sodu, dla którego stężenie rtęci w ekstrakcie wyniosło około 0,03 mg/l, wobec 0,11 mg/l dla RS32 i 0,15 mg/l dla RS40. Ustabilizowany odpad zastosowano następnie jako częściowy zamiennik cementu w mieszankach betonowych, w ilości 10, 20 i 30% masy spoiwa. Oceniono wytrzymałość kompozytów na ściskanie i zginanie oraz nasiąkliwość wodną. Najwyższą wytrzymałość na ściskanie (13,12 MPa) uzyskano przy 20% dodatku, a najniższą nasiąkliwość (2,55%) przy 30%.

Badania wykazały, że dobór związku siarki wpływa na wymywalność rtęci, natomiast udział ustabilizowanego odpadu kształtuje właściwości fizyczne i mechaniczne kompozytu cementowego. Połączenie stabilizacji chemicznej i zestalania stanowi obiecujący kierunek dalszych badań nad unieszkodliwianiem odpadów zawierających rtęć.

[1] Svensson, M. et al., Science of the Total Environment, **2006,** 368, 418–423.
[2] Xiong, Z. et al., Water Research, **2009**, 43, 5171–5179.
[3] Chen, Q. Y. et al., Waste Management, **2009**, 29, 390–403.
[4] Cho, J. H. et al., Journal of Hazardous Materials, **2014**, 278, 474–482.

Od wzbudzenia do śmierci komórki – badanie mechanizmu działania kompleksów irydu(III) w terapii fotodynamicznej

Bartosz Brzuchacz[1], *Patryk Szymaszek*[1], *Małgorzata Kowalewska*[2], *Ireneusz Kownacki*[3], *Joanna Ortyl*[1, 4, 5]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[3] Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Katedra Chemii i Technologii Związków Krzemu, ul. Poznańska 8, 61-614 Poznań

[4] Photo4Chem Sp. z o. o., ul. Lea 114, 30-348 Kraków

[5] Photo HiTech Sp. z o. o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków

e-mail: bartosz.brzuchacz@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

W obliczu rosnącej liczby zachorowań na nowotwory poszukiwanie skuteczniejszych i bardziej selektywnych metod terapii stanowi jedno z istotnych wyzwań współczesnej nauki. Konwencjonalne metody leczenia, takie jak chemioterapia i radioterapia, często wiążą się z działaniami niepożądanymi oraz ograniczoną selektywnością, co uzasadnia rozwój nowych strategii terapeutycznych.

Obiecującą metodą jest terapia fotodynamiczna (PDT), w której działanie fotouczulacza, światła o odpowiedniej długości fali oraz tlenu cząsteczkowego prowadzi do powstawania cytotoksycznych reaktywnych form tlenu (ROS), powodujących apoptozę i nekrozę komórek nowotworowych. Kompleksy irydu(III) charakteryzują się silnym sprzężeniem spinowo-orbitalnym, które sprzyja wydajnemu przejściu międzysystemowemu do długożyciowych stanów trypletowych, natomiast modyfikacja ligandów umożliwia kontrolowanie ich właściwości fotofizycznych i biologicznych.

W pracy przeprowadzono analizę właściwości oraz mechanizmu działania badanych kompleksów irydu(III). Badania spektroskopowe obejmowały rejestrację widm absorpcji UV-Vis, ocenę fotostabilności oraz pomiary czasów życia stanów wzbudzonych w warunkach natlenionych i odgazowanych. Wydłużenie czasów życia po usunięciu tlenu potwierdziło obecność długożyciowych stanów trypletowych wygaszanych przez tlen cząsteczkowy. Mechanizm generowania ROS analizowano z wykorzystaniem fotosensorów ABDA i NBT, umożliwiających ocenę udziału tlenu singletowego oraz anionorodnika ponadtlenkowego. Bezpieczeństwo biologczne badanych związków oceniono również za pomocą testu MTT, oraz testu Amesa służącego do oceny potencjału mutagennego.

Uzyskane wyniki pozwalają powiązać właściwości fotofizyczne kompleksów irydu(III) z ich aktywnością biologiczną i wskazują na ich potencjał jako fotouczulaczy nowej generacji do zastosowań w terapii fotodynamicznej nowotworów.

Badania zostały sfinansowane przez Agencję Badań Medycznych w ramach projektu „Onco-Lumi-3D”, nr KPOD.07.07-IW.07-0125/24, z programu Narodowego Planu Odbudowy i Odporności (NRRP), Komponent D: Efektywność, dostępność i jakość systemu opieki zdrowotnej, Inwestycja D3.1.1: Kompleksowy rozwój badań w dziedzinie nauk medycznych i zdrowia. Program NRRP był finansowany ze środków Instrumentu Odbudowy Unii Europejskiej (NextGenerationEU) za pośrednictwem Mechanizmu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (RRF) na lata 2021–2026.

[1] Szymaszek P, Tyszka-Czochara M, Ortyl J, Eur J Med. Chem 2024, **276**

Synteza nowych inhibitorów kinaz cyklinozależnych 5 oraz 9 opartych na szkielecie chinazolinonu

Julia Kuliś[1], *Przemysław Zaręba*[1]

[1] Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska

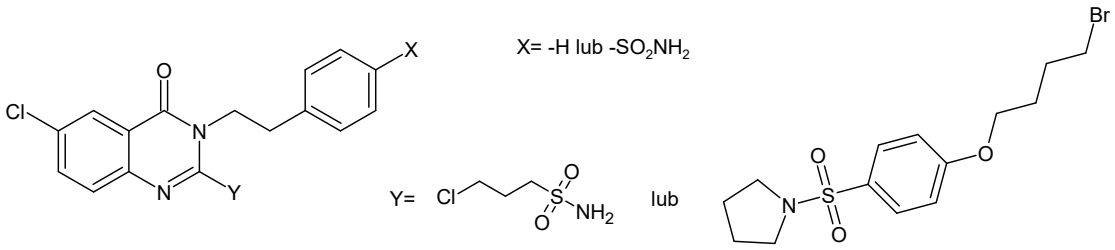
e-mail: julia.kulis@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Celem prezentowanych badań było zaprojektowanie, otrzymanie oraz wstępne przebadanie aktywności biologicznej nowej grupy pochodnych opartych na szkielecie 4-[2-(4-oksochinazolin-3(4*H*)-ylo)etylo]benzeno-1-sulfonamidu. Badania te stanowią odpowiedź na wciąż rosnącą liczbę zachorowań oraz śmiertelność chorób nowotworowych [1], a także rozpowszechniające się zjawisko lekooporności guzów [2], co skutkuje pilną potrzebą znalezienia skutecznego leczenia m.in. dla bardzo agresywnego oraz trudnego w leczeniu potrójnie negatywnego nowotworu piersi (TNBC) [1].

Założeniem przeprowadzonych badań było zsyntezowanie skutecznych inhibitorów kinaz cyklinozależnych 5 oraz 9, których nadekspresja pełni kluczową rolę w rozwoju i przeżyciu komórek nowotworowych, a także procesie powstawania przerzutów. [2,3] W pierwszym etapie badań pomyślnie opracowano i zoptymalizowano wieloetapową ścieżkę syntezy czterech nowych związków: JK193, JK197, JK187 i JK198. Zastosowana procedura badawcza obejmowała otrzymanie izotiocyjanianów, cyklizację oraz substytucję nukleofilową. Wymaganą czystość i strukturę chemiczną otrzymanych cząsteczek potwierdzono za pomocą analiz UPLC-HRMS oraz ^{1}H NMR. Dwie wybrane pochodne (JK187 i JK193) poddano badaniom przesiewowym z wykorzystaniem luminescencyjnego testu detekcji ADP, aby zweryfikować ich potencjał inhibicyjny wobec kinaz CDK5 i CDK9.

Badania wykazały, że związek JK187 stanowi obiecującą strukturę wiodącą do kolejnych optymalizacji, ponieważ w stężeniu 50 µM zredukował on aktywność CDK5 do jedynie 14%, a CDK9 do 22% względem kontroli pozytywnej. W analogicznych warunkach związek JK193 wykazał słabsze właściwości hamujące. Porównanie wyników testów enzymatycznych ze strukturą zsyntezowanych molekuł pozwoliło na sformułowanie wstępnych hipotez dotyczących zależności SAR.



Rysunek 1 – Szkielet główny otrzymanych związków wraz z podstawnikami.

Badania zostały sfinansowane przez FutureLab PK, grant nr 113 - NeuroShield: Inhibitory CDK5 w walce ze Stwardnieniem Zanikowym Bocznym.

[1] Won K.-A., Spruck C., Triple-negative breast cancer therapy: Current and future perspectives (Review), *International Journal of Oncology*, **2020**, 57, 6, 1245-1261.

[2] Pozo K., Bibb J. A., The Emerging Role of Cdk5 in Cancer, *Trends in Cancer*, **2016**, 2, 10, 606-618.

[3] Cheng S.-S., et.al., Inhibition of the CDK9–cyclin T1 protein–protein interaction as a new approach against triple-negative breast cancer, *Acta Pharmaceutica Sinica B*, **2022**, 12, 3, 1390-1405.

Nowe inhibitory CDK5 z grupy pochodnych chinazolin-4(3*H*)-onu

Maria Baran[1]*, Przemysław Zaręba*[2]

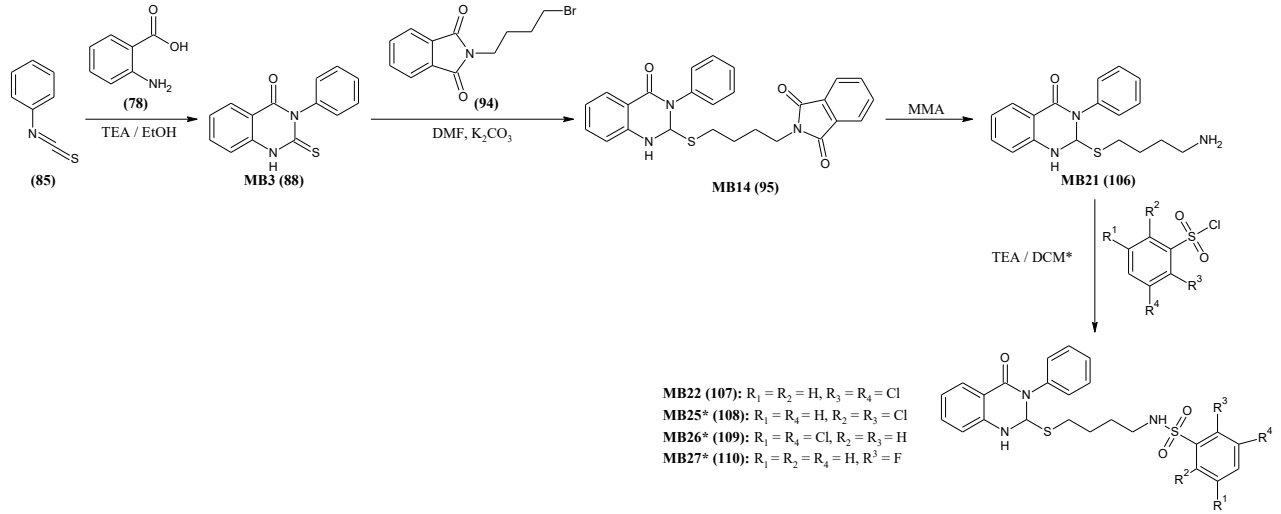
[1]Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2]Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: maria.baran@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Dynamiczny wzrost liczby zachorowań i zgonów z powodu chorób onkologicznych stwarza konieczność poszukiwania nowych celów molekularnych, umożliwiających bardziej precyzyjne leczenie agresywnych nowotworów [1]. Rak trzustki charakteryzuje się szczególną opornością na konwencjonalne metody leczenia [2], dlatego stale dąży się do opracowania skutecznych terapii farmaceutycznych [3]. Kinazy zależne od cyklin są grupą enzymów, odgrywających istotną rolę w regulacji cyklu komórkowego i transkrypcji [4], a zaburzenia w ich pracy wpływają bezpośrednio na proces tworzenia nowotworów. Kinaza CDK5 w stanach patologicznych ulega nadekspresji, wpływając na wzrost komórek nowotworowych, szczególnie w przypadku złośliwych postaci raka trzustki [5]. Wykazano, że pochodne układów heterocyklicznych zawierających azot, w tym chinazolinony, mogą stanowić skuteczne inhibitory procesów enzymatycznych, istotnych w farmakoterapii nowotworów. Celem przeprowadzonych badań było zaprojektowanie oraz otrzymanie nowych pochodnych chinazolin-4(3*H*)-onu o potencjale hamującym aktywność CDK5 oraz CDK9. Badano możliwość otrzymania dwóch grup pochodnych chinazolin-4(3*H*)-onu, w których rdzeń chinazolinonu połączony został łańcuchem bocznym przez atom siarki lub azotu z odpowiednio podstawionym arylosulfonamidem bądź ftalimidem, optymalizując procesy syntezy. Struktury zsyntezowanych związków zostały potwierdzone w analizach UPLC-MS oraz ^{1}H NMR. Na otrzymanych związkach przeprowadzono badania aktywności biologicznej względem CDK5/CDK9. Wyniki badań wykazały selektywność większości cząsteczek względem kinazy CDK9.



Rysunek 1 – Schemat syntezy związków z ugrupowaniem aryloalkilosulfonamidowym.

Badania zostały sfinansowane przez FutureLab PK, grant nr 113 - NeuroShield: Inhibitory CDK5 w walce ze Stwardnieniem Zanikowym Bocznym.

[1] Partyka, O., Pajewska, M., Kwaśniewska, D., et al. **(2023).** *Cancers, 15*(3634). DOI: 10.3390/cancers15143634
[2] Di Martino, M., El Boghdady, M. **(2023).** *BMC Surgery, 23(1)*, 196. DOI: 10.1186/s12893-023-02091-7
[3] Ducreux, M., Desgrippes, R., Rinaldi Y, et al. **(2025).** *Journal of Clinical Oncology.* DOI: 10.1200/JCO-24-02210
[4] Dhariwala, F. A., Rajadhyaksha, M. S. **(2008).** *Cellular and Molecular Neurobiology, 28(3)*, 351–369. DOI: 10.1007/s10571-007-9242-1
[5] Do, P. A., Lee, C. H. **(2021).** *Cancers 13(1),* 101. DOI: 10.3390/cancers13010101

Synteza nowych pochodnych *N*-(aryloalkilo)-3,4-dihydrochinazolin-2-aminy jako potencjalnych inhibitorów acetylocholinoesterazy

Aleksandra Drach[1], *Przemysław Zaręba*[1]

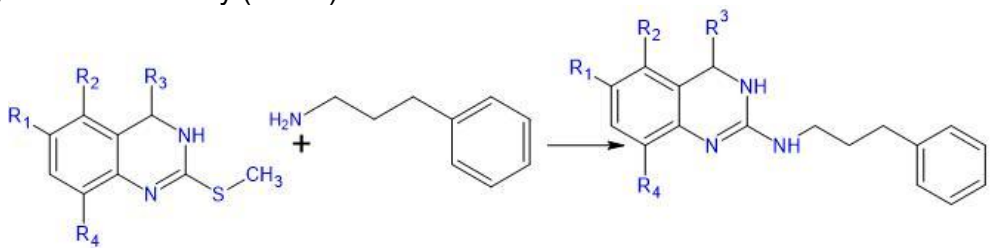
[1] Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, Polska

e-mail: aleksandra.drach@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Postępujące starzenie się populacji wiąże się ze wzrostem częstości występowania chorób neurodegeneracyjnych, co zwiększa zapotrzebowanie na skuteczniejsze metody leczenia [1]. W związku z tym prowadzone są badania nad nowymi związkami mogącymi modulować aktywność enzymów związanych z funkcjonowaniem układu cholinergicznego. Zaburzenia przekaźnictwa cholinergicznego, związane m.in. ze zmniejszeniem poziomu acetylocholiny, odgrywają istotną rolę w patogenezie chorób neurodegeneracyjnych [2]. Szczególną uwagę poświęca się acetylocholinesterazie (AChE), której inhibicja stanowi jeden z podstawowych mechanizmów stosowanych w terapii objawowej chorób neurodegeneracyjnych [3].

Celem pracy była synteza nowych pochodnych *N*-(aryloalkilo)-3,4-dihydrochinazolin-2-aminy oraz określenie ich zdolności do hamowania aktywności acetylocholinesterazy (AChE) i butyrylocholinoesterazy (BChE).



Schemat 1. Schemat przeprowadzonych syntez.

Badane związki otrzymano metodą bezrozpuszczalnikową w reakcji odpowiednich 2-metylosulfanylo-3,4-dihydrochinazolin z 3-fenylopropyloaminą. Zsyntetyzowano sześć nowych pochodnych, które następnie oczyszczono z wykorzystaniem chromatografii kolumnowej. Struktury produktów potwierdzono metodami spektroskopowymi. Aktywność biologiczną oceniono metodą Ellmana.

Wydajności przeprowadzonych syntez wynosiły od 25 do 88%. Wszystkie otrzymane związki charakteryzowały się niewielką aktywnością inhibicyjną wobec obu badanych enzymów. Największy stopień zahamowania AChE odnotowano dla związku OD2, osiągając 10% inhibicji przy stężeniu 100 µmol/L. W przypadku BChE wartości inhibicji były bardzo niskie i nie przekraczały 3%.

Uzyskane wyniki sugerują potrzebę dalszych modyfikacji strukturalnych, które mogą doprowadzić do otrzymania związków o wyższym potencjale inhibicyjnym wobec cholinoesteraz.

Badania zostały wykonane w ramach projektu „Nowe ligandy receptora 5-HT$_{5A}$ zdolne do hamowania sygnalizacji szlaku PI3K/Akt/mTOR jako dualne podeście w leczeniu opornego na kastracje raka gruczołu krokowego”, LIDER14/0035/2023, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w programie LIDER XIV.

[1] Gadhave, D.G.; Sugandhi, V. V et al., *Ageing Res.* **2024**, *99*.
[2] Hampel, H.; Mesulam, M.-M., et al*., Brain* **2018***, 141.*
[3] Ferreira-Vieira, T.H.; Guimaraes, et.al I.M Neuroscience, **2016**, 10, 44.

Prezentacje ustne

sesja III

BioMat & Beauty Science – Biomateriały oraz chemia i technologia kosmetyków

Skład komisji:

dr hab. inż. Jarosław Chwastowski, prof. PK

dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, prof. PK

dr inż. Przemysław Zaręba

Projektowanie nośników enzymów proteolitycznych: dobór i wpływ parametrów procesu na właściwości układów

Marta Śpiewak[1], *Anna Łętocha*[1], *Małgorzata Miastkowska*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej (C2), ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

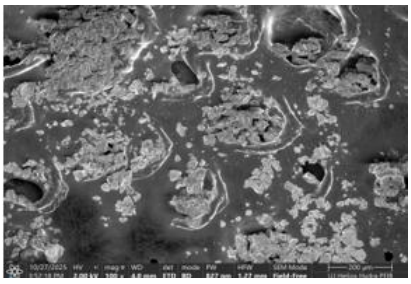
e-mail: marta.spiewak@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Enzymy proteolityczne to grupa biokatalizatorów odpowiedzialnych za hydrolizę wiązań peptydowych w białkach, prowadząc do powstawania krótszych peptydów i aminokwasów. Odgrywają istotną rolę w wielu procesach biologicznych, jednak ich wysoka aktywność katalityczna wiąże się z wrażliwością na czynniki środowiskowe, takie jak pH, temperatura czy obecność inhibitorów. W związku z tym istotnym kierunkiem badań jest opracowanie systemów zwiększających stabilność enzymów oraz umożliwiających ich kontrolowane uwalnianie [1,2].

Celem pracy była optymalizacja procesu otrzymywania polimerowych nośników enzymów proteolitycznych na przykładzie wybranych proteaz. Zaprojektowano układy alginianowo-pektynowe, a jako czynniki sieciujące zastosowano glukoniany, w tym wapnia, cynku i miedzi. Planowanie eksperymentu przeprowadzono z wykorzystaniem metodologii DoE, co umożliwiło analizę wpływu parametrów procesowych, m.in. stosunek masowy polimerów oraz rodzaj i stężenie czynnika sieciującego na parametry fizykochemiczne otrzymanych nośników. Właściwości otrzymanych układów oceniono na podstawie profili aproksymacji oraz analizy morfologii z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), potwierdzając zróżnicowaną strukturę powierzchni w zależności od zastosowanego środka sieciującego. Przeprowadzono również analizę aktywności enzymatycznej oraz kinetyki uwalniania wybranych enzymów proteolitycznych.

Wyniki wskazują, że dobór rodzaju i stężenia glukonianu oraz stosunek masowy alginianu do pektyny istotnie wpływają na rozmiar, lepkość i aktywność enzymatyczną, a opracowane układy stanowią obiecujący system nośnikowy do zastosowań farmaceutycznych, kosmetycznych i biotechnologicznych.



Rysunek 1 - Zdjęcie próbki pod mikroskopem elektronowym SEM.

[1] Y. Weng, G. Yang, Y. Li, L. Xu, X. Chen, H. Song, C. Zhao, *Alginate-based materials* for enzyme encapsulation, Advances in Colloid and Interface Science, 2023, 1-5
[2] A. Łętocha, A. Michalczyk, M. Miastkowska, E. Sikora, *Design of alginate microsphere formulation as a probiotics* carrier, Chemical and Process Engineering: New Frontiers, 2023, 3, 1-2

Opracowanie serii preparatów stomatologicznych z naturalnymi składnikami aktywnymi jako bezpieczniejszej alternatywy dla konwencjonalnych środków antyseptycznych z chlorheksydyną

Adrianna Podlewska[1]*, Małgorzata Miastkowska*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

adrianna.podlewska@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Problem badawczy dotyczy możliwości wykorzystania naturalnych składników aktywnych jako alternatywy dla chlorheksydyny, z uwzględnieniem ich skuteczności przeciwbakteryjnej oraz potencjału w łagodzeniu objawów kserostomii. Badano m.in. ekstrakt z lukrecji gładkiej (*Glycyrrhiza glabra*), prawoślazu lekarskiego (*Althaea officinalis*), rumianku, taninę, α-bisabolol, mleczan mentylu oraz olejki eteryczne (miętowy, goździkowy, tymiankowy, szałwiowy, rozmarynowy). Składniki te wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe i przeciwzapalne, co czyni je potencjalnie przydatnymi w higienie jamy ustnej. Na ich podstawie opracowano preparaty w formie żelu, pasty, płynu i sprayu. Oceniono ich właściwości fizykochemiczne (lepkość, pH, stabilność w warunkach przyspieszonych) oraz aktywność wobec drobnoustrojów związanych z chorobami jamy ustnej: bakterii tlenowych (*Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Escherichia coli*), bakterii beztlenowych (*Streptococcus mutans, Streptococcus sanguinis*) oraz grzybów (*Candida albicans, Candida glabrata, Candida tropicalis*). Jako kontrole zastosowano chlorheksydynę i preparat komercyjny. Spośród badanych substancji najwyższą aktywność przeciwbakteryjną wykazały: tanina, α-bisabolol oraz mleczan mentylu.

Najbardziej efektywne okazały się formulacje w postaci żelu i pasty do zębów zawierające te związki, które następnie poddano kompleksowym badaniom biologicznym *in vitro*, co pozwoliło na ich wieloaspektową ocenę pod kątem potencjału aplikacyjnego. Choć komercyjny żel na bazie chlorheksydyny wykazywał silniejsze działanie przeciwdrobnoustrojowe wobec testowanych mikroorganizmów, opracowany żel z udziałem naturalnych substancji aktywnych również wykazał znaczącą skuteczność. Może on zatem stanowić bezpieczniejszą alternatywę do długotrwałego stosowania w pielęgnacji jamy ustnej.

Praca zrealizowana w ramach projektu FutureLab PK (edycja 2024/2025). Wyniki prac badawczych zostały zarejestrowane na PK pod nr ewid. PK2031.

Wielofunkcyjne materiały hydrożelowe jako systemy teranostyczne wspomagające monitorowanie stanu ran

Natalia Baka[1], *Magdalena Malinowska*[1], *Mateusz Barczewski*[2], *Katarzyna Bialik-Wąs*[3]

[1] Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Politechnika Krakowska, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Instytut Technologii Materiałów, Politechnika Poznańska, Piotrowo 3, 61-138 Poznań

[3] Katedra Chemii i Technologii Polimerów, Politechnika Krakowska, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: natalia.baka@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Odczyn pH mikrośrodowiska rany jest istotnym wskaźnikiem zmian zachodzących podczas regeneracji uszkodzonych tkanek. Rany przewlekłe często charakteryzują się zasadowym odczynem, który może zaburzać procesy gojenia oraz sprzyjać kolonizacji bakteryjnej, zwiększając tym samym ryzyko rozwoju zakażenia [1]. Zależności te stwarzają możliwość opracowania responsywnych systemów hydrożelowych, łączących funkcję matrycy polimerowej z kontrolowanym uwalnianiem substancji aktywnych. Dzięki dobrej zgodności z tkankami, hydrofilowości oraz trójwymiarowej, porowatej strukturze hydrożele stanowią obiecującą grupę materiałów przeznaczonych do zastosowań opatrunkowych [2]. Celem pracy było opracowanie hydrożeli, sieciowanych z wykorzystaniem związków pochodzących z biomasy, zawierających sensor kolorymetryczny umożliwiający sygnalizowanie zmian zachodzących w mikrośrodowisku rany. Zakres badań obejmował dobór kompozycji hydrożelowych oraz ocenę ich właściwości fizykochemicznych, strukturalnych i termicznych. Przeprowadzone badania potwierdziły zdolność hydrożeli do pęcznienia, natomiast mikrofotografie SEM wykazały porowatą strukturę materiałów, której charakterystyka różniła się w zależności od zastosowanej kompozycji. Analiza widm FTIR umożliwiła identyfikację charakterystycznych pasm pochodzących od składników matrycy polimerowej, a badania termograwimetryczne (TG) pozwoliły ocenić stabilność termiczną opracowanych układów. Uzyskane wyniki wskazują na potencjał opracowanych hydrożeli jako systemów opatrunkowych, umożliwiających monitorowanie stanu rany. Zastosowanie naturalnych czynników sieciujących pochodzących z biomasy stanowi dodatkowo perspektywiczne podejście do otrzymywania biomateriałów zgodnych z założeniami zrównoważonego rozwoju.

Autorzy składają serdeczne podziękowania FutureLab PK Politechniki Krakowskiej za udzielone wsparcie. Praca została zrealizowana w ramach projektu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021–2027, „Wsparcie studentów w zakresie podniesienia ich kompetencji i umiejętności”

[1] Vu H., et al., *Advanced Wound Care,* **2020**, 9, 312–324.
[2] Serpico L. et al., Gels, **2023**, 9, 451

Prezentacje ustne

sesja IV

Green Future – GOZ, zielona chemia, kataliza, technologie energetyczne

Skład komisji:

dr hab. inż. Szczepan Bednarz, prof. PK

dr hab. inż. Barbara Król, prof. PK

dr inż. Damian Kułaga

Charakterystyka spektroskopowa i aktywność fotochemiczna fotoinicjatorów stosowanych do druku 3D w technologii polimeryzacji dwufotonowej

Amelia Rebejko[1], *Iga Wąs*[1], *Karolina Kuczyńska*[1], *Małgorzata Noworyta*[1, 2], *Weronika Wałczyk*[1, 2], *Konrad Cyprych*[3], *Joanna Ortyl*[1, 4, 5]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[3]Politechnika Wrocławska, Wydział Chemii, Katedra Optyki Materii Miękkiej, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370

[4] Photo4Chem Sp. z o. o., ul. Lea 114, 30-348 Kraków

[5] Photo HiTech Sp. z o. o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków

e-mail: rebejko.ame@gmail.com

Streszczenie:

Polimeryzacja dwufotonowa (TPP) jest zaawansowaną techniką druku 3D, umożliwiającą wytwarzanie przestrzennych struktur polimerowych o wysokiej rozdzielczości. Proces ten opiera się na nieliniowej absorpcji dwóch fotonów, prowadzącej do wzbudzenia cząsteczki fotoinicjatora i zapoczątkowania procesu polimeryzacji [1]. Kluczową rolę w efektywności tego procesu odgrywają właściwości spektroskopowe i fotochemiczne fotoinicjatorów, w szczególności ich zdolność do absorpcji promieniowania oraz generowania rodników inicjujących polimeryzację rodnikową [1,2].

W pracy przedstawiono charakterystykę spektroskopową oraz ocenę aktywności fotochemicznej wybranych handlowych fotoinicjatorów rodnikowych. Badania obejmowały analizę ich właściwości absorpcyjnych i emisyjnych oraz ocenę zachowania fotochemicznego pod wpływem promieniowania. Pozwoliło to na porównanie właściwości badanych związków oraz określenie parametrów istotnych z punktu widzenia inicjacji procesu fotopolimeryzacji.

Uzyskane wyniki stanowią podstawę do oceny możliwości zastosowania analizowanych fotoinicjatorów w układach przeznaczonych do druku 3D z wykorzystaniem technologii TPP.

Badania finansowane w ramach konkursu nr 2024/ABM/03/KPO/ nr projektu KPOD.07.07-IW.07-0125/24 z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności, będącego elementem Inwestycji D3.1.1 Kompleksowy rozwój badań w zakresie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, projekt finansowany ze środków Agencji Badań Medycznych, a także finansowane w ramach działalności Koła Naukowego Fotochemii Stosowanej poprzez udział w 7. edycji Konkursu Projektów Studenckich FutureLab PK na Politechnice Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, numer zespołu projektowego 154/2026.

[1] O'Halloran S. et al., *Two-Photon Polymerization: Fundamentals, Materials, and Applications*, Advanced Science, **2023.**
[2] Wloka T., Gottschaldt M., Schubert U. S., *From Light to Structure: Photo Initiators for Radical Two-Photon Polymerization*, Chemistry – A European Journal, **2022**, 28, e202104191.

Optymalizacja ekstrakcji ziela *Trifolium pratense* L. metodologią powierzchni odpowiedzi w celu uzyskania ekstraktów o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej i zawartości polifenoli

Magdalena Tkacz[1], *Anna Muzykiewicz-Szymańska*[1], *Edyta Kucharska*[2], *Robert Pełech*[2], *Anna Nowak*[1]

[1] Zakład Chemii Kosmetycznej i Farmaceutycznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Powstańców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin, Polska

[2] Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Materiałów Polimerowych, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin, Polska

e-mail: magdalena.tkacz@pum.edu.pl

Streszczenie:

Metoda powierzchni odpowiedzi (RSM) znajduje zastosowanie w optymalizacji procesów ekstrakcji związków bioaktywnych z surowców roślinnych. Opiera się ona na wykorzystaniu metod statystycznych i matematycznych do określenia zależności pomiędzy parametrami procesu a uzyskiwanymi wynikami. Umożliwia ocenę wpływu poszczególnych parametrów procesu na uzyskiwaną odpowiedź, z uwzględnieniem wzajemnych oddziaływań pomiędzy nimi [1,2]. Celem badań była optymalizacja procesu ekstrakcji ultradźwiękowej ziela *Trifolium pratense* L. w celu uzyskania ekstraktów o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej oraz całkowitej zawartości polifenoli. Optymalizacji procesu ekstrakcji wspomaganej ultradźwiękami dokonano dla czterech rozpuszczalników – metanolu, etanolu, izopropanolu i n-propanolu w zakresie stężeń od 20% *v/v* do formy nierozcieńczonej i czasie od 2 do 15 min. Aktywność antyoksydacyjną oznaczono metodą DPPH, natomiast całkowitą zawartość polifenoli techniką Folin–Ciocalteu. W wyniku przeprowadzonej analizy oszacowano optymalne stężenia alkoholi użytych jako rozpuszczalniki i czasy ekstrakcji, które wynosiły 57% *v/v* i 7 min., 50% *v/v* i 3 min., 61% *v/v* i 13 min. oraz 49% *v/v* i 8 min., odpowiednio dla metanolu, etanolu, n-propanolu i izopropanolu. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów uzyskanych w optymalnych warunkach malała w następującym szeregu: metanol > etanol > n-propanol > izopropanol (odpowiednio 4,21 ± 0,02; 3,92 ± 0,02; 3,84 ± 0,02 i 3,72 ± 0,02 mmol Trolox/L). Wartości całkowitej zawartość polifenoli pozostawały na zbliżonym poziomie (0,72–0,84 g GA/L) i malały w kolejności: n-propanol > etanol > izopropanol > metanol. Uzyskane wyniki potwierdzają, że odpowiedni dobór parametrów ekstrakcji, w tym czas oraz rodzaj i stężenie rozpuszczalnika, mają istotny wpływ na właściwości przeciwutleniające ekstraktów z ziela *T. pratense*, a zastosowanie zoptymalizowanych parametrów pozwoliło uzyskać wyciągi roślinne o wysokiej zawartości związków o potencjale antyoksydacyjnym.

[1] Szpisják-Gulyás, N. et al., Methods for experimental design, central composite design and the Box–Behnken design, to optimise operational parameters: A review, Acta Aliment. 2023, 52, 521–537.
[2] Kumar, R. et al., Response Surface Methodology (RSM): An Overview to Analyze Multivariate Data. Indian J. Microbiol. Res. 2023, 9, 241–248.

Od natury do innowacji – chromofory kwasu cytrynowego w nowoczesnych systemach fotoinicjujących

Katarzyna Starzak[1,2]*, Patryk Szymaszek*[2]*, Alicja Wysocka*[1,2]*, Łukasz Waluda*[1,2]*, Wiktor Kasprzyk*[2]*, Silvio Osella*[3]*, Joanna Ortyl*[2,4,5]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155, Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155, Kraków

[3] Laboratorium Symulacji Systemów Chemicznych i Biologicznych, Centrum Nowych Technologii, Uniwersytet Warszawski, 02-097 Warszawa, Polska

[4]Photo4Chem sp. z o.o., ul. J. Lea 114, 30-133 Kraków

[5]Photo HiTech sp. z o.o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków

e-mail: katarzyna.starzak@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Ze względu na ograniczoną dostępność fotoinicjatorów typu I Norrisha, skutecznie absorbujących promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali 405 nm, fotopolimeryzacja z zastosowaniem światła widzialnego opiera się głównie na wieloskładnikowych układach fotoinicjujących, w których fotosensybilizator współdziała z jednym lub dwoma koinicjatorami. W procesie utleniania wzbudzony fotosensybilizator przekazuje elektron do soli diaryliodonowej, która ulega rozpadowi, prowadząc do powstania inicjującego rodnika arylowego [1]. Z kolei w procesie redukcji trzeciorzędowa amina, taka jak N-metylodietanolamina, przekazuje elektron do wzbudzonego fotosensybilizatora, a następujące po tym deprotonowanie kationu rodnikowego aminy prowadzi do powstania rodnika α-aminoalkilowego [2]. Fotosensybilizatory pozyskiwane z surowców odnawialnych stanowią interesującą alternatywę dla kosztownych i potencjalnie toksycznych fotokatalizatorów na bazie metali [3]. Szczególnie interesującą grupę stanowią fluorofory otrzymywane w wyniku termicznej kondensacji kwasu cytrynowego z aminami i aminotiolami. Związki te mogą być otrzymywane w jednoetapowym, bezrozpuszczalnikowym procesie, wykazują intensywną fluorescencję oraz zdolność do absorpcji promieniowania w zakresie światła widzialnego [4].

W niniejszej pracy przeprowadzono kompleksową analizę trzech izostrukturalnych fluoroforów pochodnych kwasu cytrynowego, różniących się heteroatomem mostkującym. Ich właściwości fotofizyczne, elektrochemiczne i fotoredoksowe scharakteryzowano z wykorzystaniem spektroskopii UV–Vis, woltamperometrii cyklicznej, czasowo-rozdzielczej spektroskopii fluorescencyjnej, analizy Sterna–Volmera, fotolizy stacjonarnej oraz FT-IR w czasie rzeczywistym. Badania eksperymentalne uzupełniono obliczeniami DFT/TD-DFT, pozwalającymi na analizę ścieżek fotoredoks w stanach singletowych i trypletowych oraz ocenę barier przeniesienia elektronu w ujęciu teorii Marcusa. Połączenie metod eksperymentalnych i obliczeniowych umożliwiło określenie wpływu struktury fluoroforów na ich właściwości fotofizyczne, elektrochemiczne i zdolność do inicjowania procesów fotopolimeryzacji.

Badania te zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w Polsce w ramach programu „Preludium 24”, numer grantu 2025/57/N/ST11/04818.

[1] Dietlin, C. et al., *Polymer Chemistry*, **2015**, 6, 3895–3912.
[2] Fouassier, J. P. et al., *Progress in Organic Coatings*, **2003**, 47, 16–36.
[3] Mouhoubi, F. et al., *Progress in Polymer Science*, **2026**, 179, 102141.
[4] Kasprzyk, W. et al., *Nanoscale*, **2018**, 10, 13889–13894.

Recykling pianek poliuretanowych w gospodarce obiegu zamkniętego

Hubert Ożóg[1], *Natalia Kowalik*[1], *Aleksandra Put*[1], *Michał Kucała*[1], *Oliwia Matysiak*[2], *Elżbieta Malewska*[2,3], *Maria Kurańska*[2,3]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: hubert.ozog@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

W świetle nowo wprowadzanych regulacji prawnych recykling i przetwarzanie odpadów poliuretanowych zyskują coraz większe znaczenie. W ramach idei zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki o obiegu zamkniętym intensywnie rozwijane są metody chemicznego recyklingu sztywnych pianek poliuretanowych, w tym biopianek, umożliwiające odzysk surowców i ich ponowne wykorzystanie do otrzymywania nowych materiałów poliuretanowych. Szczególne znaczenie ma glikoliza, w wyniku której otrzymywane są związki wielohydroksylowe, mogące pełnić funkcję surowców do ponownej syntezy poliuretanów. Istotnym aspektem jest również ocena wpływu produktów chemicznego recyklingu na właściwości materiałów otrzymywanych w kolejnych cyklach [1].

Celem badań było otrzymanie biopoliolu na bazie oleju posmażalniczego oraz określenie możliwości wielokrotnego recyklingu chemicznego sztywnych pianek poliuretanowych otrzymanych z jego udziałem. Biopoliol otrzymano w wyniku transestryfikacji oleju posmażalniczego przy użyciu glikolu dietylenowego. Następnie, poprzez reakcję otrzymanego biopoliolu z izocyjanianem, otrzymano sztywne pianki poliuretanowe. Materiały te poddano chemicznemu recyklingowi metodą glikolizy, uzyskując rebiopoliole, a cały proces powtórzono pięciokrotnie. Otrzymane rebiopoliole poddano charakterystyce obejmującej oznaczenie liczby hydroksylowej, liczby aminowej, lepkości oraz gęstości. Równocześnie analizowano właściwości pianek poliuretanowych otrzymywanych w kolejnych cyklach recyklingu. Określono ich współczynnik przewodzenia ciepła, gęstość pozorną, zawartość komórek zamkniętych, wytrzymałość na ściskanie przy 10% odkształceniu oraz stabilność wymiarową. Zbadano również wpływ obecności rebiopoliolu na przebieg procesu spieniania kompozycji poliuretanowych. Dodatkowo przeprowadzono przemysłową próbę natrysku z zastosowaniem wybranego rebiopoliolu, a otrzymane pianki natryskowe poddano ocenie właściwości użytkowych. Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość wielokrotnego recyklingu sztywnych pianek poliuretanowych metodą glikolizy oraz wskazały na potencjał aplikacyjny otrzymanych rebiopolioli w syntezie nowych materiałów poliuretanowych.

Badania realizowano w ramach projektu „Foam TO Foam – Wielokrotny recykling pianek poliuretanowych" finansowanego przez FutureLab PK.

[1] Kurańska, M. et al., Polimery, **2026**, 71, 3–18.

Przedmieszki biopoliolowe w systemach poliuretanowych

Natalia Kowalik[1], *Sławomir Michałowski*[2], *Elżbieta Malewska*[2,3], *Maria Kurańska*[2,3]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: natalia.kowalik@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Stabilność przedmieszek poliolowych odgrywa istotną rolę w przemysłowej produkcji materiałów poliuretanowych (PUR), wpływając na przebieg procesu technologicznego oraz jakość wyrobu końcowego. Producenci systemów PUR zobowiązani są do określenia bezpiecznych warunków przechowywania przedmieszek poliolowych oraz ich wrażliwości na temperaturę i wilgoć. Standardowe zalecenia producentów ograniczają czas przechowywania komponentów, w oryginalnych opakowaniach w zadaszonych, suchych miejscach, przez okres maksymalnie 3 miesięcy. Ocena stabilności przedmieszek poliolowych jest kluczowa, ponieważ degradacja składników lub przedwczesne reakcje mogą zmieniać ich właściwości, tj. liczbę kwasową czy przebieg procesu spieniania systemu PUR. Zgodnie z zasadami Zielonej Chemii, do przedmieszek poliolowych w systemach PUR, coraz częściej wykorzystywane są poliole otrzymane z surowców odnawialnych. Wiąże się to jednak z licznymi ograniczeniami związanymi ze strukturą oraz degradacją tych składników. W celu określenia reaktywności systemu oraz jego właściwości, przedmieszki biopoliolowe, poddaje się analizie procesu spieniania, oznaczeniom liczby kwasowej i lepkości oraz analizie FTIR i chromatografii żelowej. Badanie oraz analiza właściwości przedmieszek biopoliolowych pozwala na wskazanie potencjalnego zastosowania surowców odnawialnych w przemyśle tworzyw sztucznych oraz promować ideę gospodarki o obiegu zamkniętym.

Chemoliza biopianek poliuretanowych otrzymywanych zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju

Aleksandra Put[1], *Julia Sędzimir*[1], *Hubert Ożóg*[1], *Natalia Kowalik*[1], *Michał Kucała*[1], *Elżbieta Malewska*[2,3], *Maria Kurańska*[2,3]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: aleksandra.put@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Pianki poliuretanowe (PUR), szeroko stosowane w branży budowlanej, meblarskiej i chłodnictwie, po zakończeniu użytkowania stanowią problematyczny do składowania odpad z uwagi na porowatą strukturę i tym samym dużą objętość. Odpady poliuretanowe stanowią aż 5,5%$_{mas.}$ odpadów tworzyw sztucznych. Zagospodarowanie odpadów poliuretanowych jest możliwe poprzez recykling chemiczny, który prowadzi do otrzymania surowców stosowanych do kolejnych syntez. W przypadku metody glikolizy otrzymuje się repoliole, składające się głównie ze związków polihydroksylowych zdolnych do tworzenia nowych wiązań uretanowych z izocyjanianami [1]. Zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju, pianki poliuretanowe coraz częściej modyfikowane są produktami recyklingu chemicznego PUR lub biopoliolami, najczęściej otrzymywanymi z olejów roślinnych [2].

W przeprowadzonych badaniach oceniono wpływ rodzaju poliolu oraz indeksu izocyjanianowego zastosowanego w recepturach PUR na przebieg chemolizy pianek i właściwości produktów recyklingu. Pianki referencyjne oraz biopianki modyfikowane biopoliolem z oleju rzepakowego poddano procesowi glikolizy, a powstałe repoliole zastosowano do wytwarzania nowych materiałów piankowych. Analiza procesu spieniania systemów PUR modyfikowanych repoliolami wykazała duże zależności w przebiegu spieniania od właściwości recyklatów, co doprowadziło do zróżnicowania właściwości nowych materiałów piankowych. Otrzymane rebiopianki poddano badaniom gęstości pozornej, współczynnika przewodzenia ciepła i wytrzymałości na ściskanie. Analizie poddano również strukturę komórkową pianek oraz zawartość komórek zamkniętych. Wyniki badań wykazały, że zarówno rodzaj poliolu, jak i warunki syntezy pianek wyjściowych mają znaczny wpływ na właściwości nowo uzyskanych pianek poliuretanowych.

Badania realizowano w ramach projektu SONATA 2021/43/D/ST5/01222 „Analiza możliwości chemolizy bio-materiałów poliuretanowych syntezowanych z bio-polioli o rożnej strukturze chemicznej i analiza wpływu otrzymanych bio-recyklatów na proces ekspansji i właściwości nowych bio-poliuretanów" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

[1] Prociak, A., Rokicki, G., Ryszkowska, J., *Materiały poliuretanowe*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, **2014**.
[2] Sardon, H. et al., From Lab to Market: Current Strategies for the Production of Biobased Polyols. *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2021**; 9 (32): 10664–10677.

Stymulowany termicznie wychwyt CO_2 i CH_4 na związkach metaloorganicznych MOF zsyntetyzowanych *in situ* na wymienniku ciepła w celu zwiększenia efektywności procesów sorpcyjnych

Aleksandra Gajda[1]

[1] Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk

e-mail: olagajda1996@gmail.com

Streszczenie:

Cel badań stanowiła eksperymentalna weryfikacja koncepcji bezpośredniej syntezy związków metaloorganicznych MOF na miedzianym wymienniku ciepła oraz ocena wpływu tej integracji na właściwości cieplne, sorpcyjne i regeneracyjne układu pracującego w warunkach adsorpcji zmiennotemperaturowej TSA (ang. Temperature Swing Adsorption).

W celu realizacji badań cyklicznego wychwytu niskich stężeń CO_2 i CH_4 z mieszanin gazowych z N_2 w warunkach przepływowych zbudowano dedykowany reaktor. Do przeprowadzenia badań zsyntetyzowano *in situ* na wymiennikach ciepła trzy materiały MOF typu HKUST-1, Ni-MOF-74 oraz Co-MOF-74. Zoptymalizowano przewodność cieplną pomiędzy MOF a wymiennikiem ciepła, co potwierdziło możliwość ograniczenia energochłonności procesu sorpcji zmiennotemperaturowej.

Zaproponowana koncepcja pozwala na efektywną stymulację termiczną procesów sorpcji i efektywną regenerację MOF, przy jednoczesnej minimalizacji energii cieplnej dostarczanej do układu i stanowi perspektywiczne rozwiązanie dla technologii niskoenergetycznego wychwytu CO_2 oraz CH_4 z mieszanin gazowych.

Wiskoelastyczne biopianki poliuretanowe zawierające dynamiczne wiązania kowalencyjne

Julia Sędzimir[1], *Oliwia Matysiak*[2], *Natalia Kowalik*[1], *Elżbieta Malewska*[2,3], *Maria Kurańska*[2,3], *Aleksander Prociak*[2]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: julia.sedzimir@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Poliuretany stanowią jedną z najważniejszych gałęzi przemysłu tworzyw sztucznych. W 2024 roku produkcja materiałów poliuretanowych wyniosła 22,8 miliony ton [1]. Większość poliuretanów produkowana jest w postaci materiałów piankowych elastycznych lub sztywnych. Pianki wiskoelastyczne stanowią szczególny rodzaj pianek elastycznych. Charakteryzują się one wyjątkowo dużą zdolnością do absorpcji energii oraz powolnym powrotem do pierwotnego kształtu dzięki czemu znajdują zastosowanie w przemyśle kosmicznym, obuwniczym czy motoryzacyjnym a także w meblarstwie i produkcji akcesoriów rehabilitacyjnych. Głównymi surowcami do produkcji poliuretanów są izocyjaniany i poliole. Substraty te obecnie otrzymywane są przede wszystkim z surowców pochodzenia petrochemicznego, jednak w ostatnich latach coraz większy nacisk kładzie się na zastępowanie konwencjonalnych substratów substancjami pochodzenia naturalnego [2].

Wiskoelastyczne pianki poliuretanowe otrzymano zastępując poliol petrochemiczny w 10, 20 i 30%$_{mas}$ biopoliolami otrzymanymi przez modyfikację chemiczną oleju z rzodkwi oleistej oraz kwasu cytrynowego. Ponadto w miejsce konwencjonalnego przedłużacza łańcucha zastosowano hydroksylowy związek disiarczkowy w ilości 2,5, 5, 7,5%$_{mas}$ i zbadano jego wpływ na właściwości otrzymywanych materiałów. Oznaczono gęstość pozorną, twardość, histerezę i odbojność otrzymanych materiałów.

Badania realizowano w ramach projektu MINIATURA 9 NCN pt. „Analiza wpływu struktury chemicznej biopolioli otrzymanych ze źródeł odnawialnych na efektywność mechanochemicznego recyklingu wiskoelastycznych pianek poliuretanowych zwierających dynamiczne wiązania kowalencyjne" nr DEC-2025/09/X/ST5/01182 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

[1] Plastics the Fast Facts 2025, https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2025
[2] Prociak, A., Rokicki, G., Ryszkowska, J., *Materiały poliuretanowe*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, **2014**.

Kolekcja *in vitro Callitriche* spp.: od laboratorium do zastosowań przemysłowych

Eliza Glanowska[1]*, Stanisław Furca*[1]*, Ewa Sitek*[1]*, Wojciech Makowski*[1]*, Cezary Kruszyna*[1]*, Joanna Augustynowicz*[1]

[1] Katedra Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Polska

e-mail: eliza.glanowska@student.urk.edu.pl

Streszczenie:

Callitriche sp. (rzęśl) to słodkowodna roślina wyższa, powszechnie występująca w strefie klimatu umiarkowanego na świecie, obecna również w Polsce. Gatunki tego rodzaju charakteryzują się znacznym potencjałem fitoremediacyjnym, ze szczególnym uwzględnieniem zdolności do akumulacji i tolerancji metali ciężkich oraz metaloidów, takich jak chrom(VI)/(III), tal, kadm, ołów, cynk, uran i arsen. Ponadto dzięki biosyntezie metabolitów wtórnych (m.in. kwasów fenolowych, werbaskozydów i irydoidów) oraz udokumentowanej aktywności przeciwrodnikowej i antybakteryjnej, rzęśl może znaleźć potencjalne zastosowanie w medycynie i farmacji. Jej właściwości lecznicze są znane w medycynie ludowej i ziołolecznictwie od ponad wieku.

Ze względu na powyższe cechy, założono kolekcję *in vitro* rzęśli pozyskanych z 16 lokalizacji w Polsce. Przeprowadzono analizę porównawczą obiektów na poziomie fizjologicznym, morfologicznym oraz fitochemicznym (suma i profil fenoli). Z uwagi na znaczną zmienność fenotypową, do określenia przynależności taksonomicznej zastosowano analizy cytogenetyczne, takie jak pomiary liczby chromosomów, wielkości genomu i ploidalności. Do identyfikacji poszczególnych genotypów wykorzystano także markery molekularne (SCoT).

Wybrane rośliny z kolekcji wykorzystano do badań modelowych nad przyrostem biomasy. Wzrost odbywał się w roztworach przemysłowych pochodzących z terenu Zakładów Chemicznych Alventa S.A. w Alwerni, zawierających podwyższone stężenia chromu, siarki i żelaza. Na terenie Zakładów przeprowadzono również pierwsze testy *in situ*, wprowadzając *Callitriche cophocarpa* (rzęśl długoszyjkową) do prototypu oczyszczalni hydrofitowej.



Rysunek 1 - Kultury *in vitro Callitriche* spp. po 4 tygodniach wzrostu w komorze fitotronu.

Prezentowane badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (Polska) w ramach grantu OPUS 28, nr 2024/55/B/NZ8/01640 pt. "Callitriche sp. - stworzenie modelu do badań homeostazy metali w roślinach wodnych".

Prezentacje ustne

sesja anglojęzyczna

Skład komisji:

dr hab. inż. Jarosław Chwastowski, prof. PK

dr hab. inż. Małgorzata Miastkowska, prof. PK

dr inż. Przemysław Zaręba

Lipid nanocarriers based on fruit and vegetable waste extracts

Magdalena Chrobak[1], *Małgorzata Miastkowska*[2]

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School of Cracow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department of Organic Chemistry, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department of Organic Chemistry, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

e-mail: magdalena.chrobak@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

The aim of this study was to develop and characterize stable lipid nanocarriers (nanoemulsions - NEs and nanostructured lipid carriers - NLCs) based on lipophilic and hydrophilic extracts obtained from celery root, carrot, apple, and plum waste biomass. The systems were prepared using the ultrasonic homogenization method. Their physical stability (z-average particle size and polydispersity index evaluated via DLS over 6 weeks) and biocompatibility based on pH measurements were determined. Furthermore, the biological properties of the formulations were evaluated, including collagenase inhibition capacity, antioxidant activity (DPPH assay), and metal ion-chelating properties.

The results demonstrated that the optimal, time-stable systems were nanoemulsions containing 5% (apple) or 6% (celery root, carrot, plum) of lipophilic extracts, whereas for NLCs the optimal concentration was 4%. The pH of the optimized nanocarriers (ranging from 4.9 to 5.4) is fully biocompatible with human skin. Biological analysis proved that the encapsulation of plant extracts enhances the activity of the formulations. In collagenase inhibition assays, nanoemulsions exhibited higher efficacy, with celeriac extract showing the highest anti-enzymatic potential. Conversely, the highest antioxidant activity, dictated by the phytochemical profile of the biomass, was recorded for the formulation with apple extract. Regarding the chelation of transition metals, NLC carriers predominated over nanoemulsions, and the strongest coordination effect was again displayed by the celery root sample.

This study proves that fruit and vegetable waste biomass constitutes a rich and safe source of active substances, and their encapsulation in biocompatible lipid nanocarriers represents a highly effective revalorization method, fully aligning with the principles of sustainable development and the innovative Upcycled Beauty cosmetic trend [1-3].

Research work carried out as a part of the project „Support for students in enhancing their competences and skills", under the European Funds for Social Development 2021-2027 program, financed by the Ministry of Funds and Regional Policy of the Republic of Poland.

[1] M. Malinowska, M. Miastkowska, K. Bialik-Wąs, M. Chrobak, A. Kamienik, L. Faron, O. Kubiczek, A. Podlewska, Z. Orzechowska, M. Ptaszkiewicz, Method for obtaining a natural two-component active ingredient with antioxidant and chelating activity. P.455137
[2] M. Miastkowska, M. Malinowska, K. Bialik-Wąs, M. Chrobak, Z. Orzechowska, Lipid nanocarriers containing a natural two-component active ingredient with antioxidant and chelating activity. P.455140
[3] M. Miastkowska, M. Malinowska, K. Bialik-Wąs, M. Chrobak, A. Kamienik, L. Faron, O. Kubiczek, A. Podlewska, Z. Orzechowska, Cosmetic composition in the form of a bigel containing lipid nanocarriers with a natural two-component active ingredient exhibiting antioxidant and chelating activity. P.455142

When Perovskite Meets Polymer – Designing Stable Optoelectronic Nanomaterials

Karol Awdykowicz[1], *Katarzyna Matras-Postołek*[2]

[1] Doctoral School, PK Krakow University of Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[2] Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department of Biotechnology and Physical Chemistry, PK Krakow University of Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

e-mail: karol.awdykowicz@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Colloidal metal halide perovskite quantum dots (QDs) are promising materials for optoelectronic applications due to their size-dependent optical properties, tunable emission, and high photoluminescence quantum yield. However, their practical applications are limited by their high sensitivity to environmental conditions. Exposure to moisture, oxygen, elevated temperatures, and intense illumination can lead to degradation and deterioration of their optical properties [1].

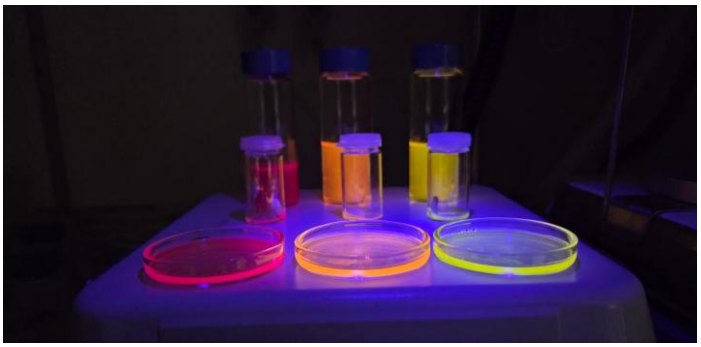


Figure 1 – QD-polymer nanocomposites under UV light

This study investigates the stabilization of highly emissive QDs through their incorporation into polymer matrices. Colloidal QDs are synthesized using the hot-injection method, which enables precise control over their size, morphology, and optical properties. Subsequently, the nanocrystals are immobilized within polymer matrices, providing physical isolation from the surrounding environment and resulting in stable polymer–perovskite nanocomposites.

The influence of the polymer matrix type and the QD incorporation process on the structural and optical properties of the nanocomposites is investigated. Particular attention is paid to the intensity and characteristics of photoluminescence, as well as to the preservation of optical properties following immobilization. The polymer matrix reduces the exposure of nanocrystals to degradation-inducing factors while allowing them to retain their high emission efficiency.

The use of polymer matrices represents an effective approach to improving the environmental stability of perovskite QDs without significant loss of their optical properties. The resulting nanocomposites combine the high luminescence of perovskites with the protective and processable properties of polymers, offering potential applications in light-emitting devices, optical coatings, and other optoelectronic systems.

This work was financed by the project "Tailor-made perovskite quantum dots as an element of new functional nanomaterials", funded by the National Science Centre (Poland) under the SONATA BIS programme, grant agreement no. UMO-2022/46/E/ST5/00306.

[1] M. Shekarnoush, F. S. Aguirre-Tostado, M. Quevedo López, *Mater. Adv*. 5, **2024**, 3742.

Investigation of the Influence of Formulation Composition on Photopolymerization and Processing Behavior

Małgorzata Kowalewska[1], *Roman Popielarz*[2], *Davy-Louis Versace*[3], *Joanna Ortyl*[2,4,5]

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School of PK, Faculty of Chemical Engineering and Technology, 24 Warszawska St., 31-155 Krakow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, 24 Warszawska St., 31-155 Krakow, Poland

[3] University Paris-Est Creteil, CNRS, ICMPE, UMR 7182, 94320 Thiais, France

[4] Photo HiTech Ltd., Bobrzyńskiego 14, 30-348 Krakow

[5] Photo4Chem Ltd., Lea 114, 30-133 Krakow

e-mail: m.kowalewska@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Additive manufacturing technologies based on photopolymerization processes enable the rapid and precise fabrication of structures with complex geometries. The composition of photopolymerizable formulations plays a crucial role in determining their photochemical behavior and processability. In particular, the properties of the photoinitiating system affect the course of the photopolymerization reaction and the efficiency of curing, thereby influencing the processing conditions and the quality of the fabricated structures. Variations in formulation components and their physicochemical properties can influence reaction kinetics, material behavior during printing, and the fidelity of the reproduced geometries.

This study examines the relationships between formulation composition, the photopolymerization process, and fabrication characteristics. Particular attention is paid to the influence of photoinitiating system components on the photopolymerization reaction, curing efficiency, processing behavior, and the accuracy of geometric reproduction. Photocurable compositions containing various photoinitiating systems, including both single- and multi-component systems, were analyzed and used to fabricate three-dimensional structures. The resulting structures were evaluated in terms of their quality and geometric fidelity using optical microscopy.

The obtained results provide information on the relationship between the formulation composition, its photoreactivity and the processing behavior, emphasizing the importance of tailoring the formulation properties to the requirements of specific photopolymerization-based applications.

The research was funded by the FutureLab PK program (project group no. 154/2026).

Water-polymer interactions at low hydrations in hydrogels based on poloxamers and natural ingredients

Karina Mihilewicz[1], *Dominika Kmiecik*[2], *Patrycja Wójcik*[2], *Aline Dos Santos-Silva*[2,3], *Paulina Zając*[2], *Krzysztof Pielichowski*[2], *Katarzyna Bialik-Wąs*[2], *Konstantinos N. Raftopoulos*[2]

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School of PK KUT, Department of Chemistry and Technology of Polymers, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Department of Chemistry and Technology of Polymers, Faculty of Chemical Engineering and Technology, , Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[3] School of Technology and Management, Polytechnic University of Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

e-mail: karina.mihilewicz@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Smart, stimuli-responsive hydrogels made from sustainable, biobased components are increasingly studied for controlled drug delivery and advanced wound dressings [1, 2]. Here we describe multicomponent hydrogel matrices that combine Poloxamer 407, a thermoresponsive, amphiphilic PEO–PPO–PEO triblock copolymer, with two natural polymers: gelatine and sodium carboxymethylcellulose (NaCMC). The networks in this work were formed by physical cross-linking and by a green chemical route using non-toxic citric acid [2, 3].

We examined how the materials hydrate at controlled relative humidities (RH 0–97%), how they crystallize at different cooling rates, and what role cross-linking plays in their stability. Gravimetric sorption isotherms up to ~81% RH follow the Guggenheim–Anderson–de Boer (GAB) model, indicating multilayer adsorption governed mainly by gelatine-rich domains. At 97% RH the behaviour changes abruptly: poloxamer-rich systems swell strongly, take up large amounts of water, and lose their native PEO crystallinity.

DSC and FTIR showed that water plasticizes the materials considerably, but only at high humidity. T_g, T_m and the transition enthalpy all decrease, and a cold crystallization associated with the PEO/water mixture appears [3]. Adding the natural biopolymers lowered the crystallinity of the PEO segments from ~70% to ~30%. Citric acid cross-linking had little effect on moisture sorption capacity, but it limited chain mobility, reduced crystallite size, and clearly improved the hydrogels' resistance to dissolution.

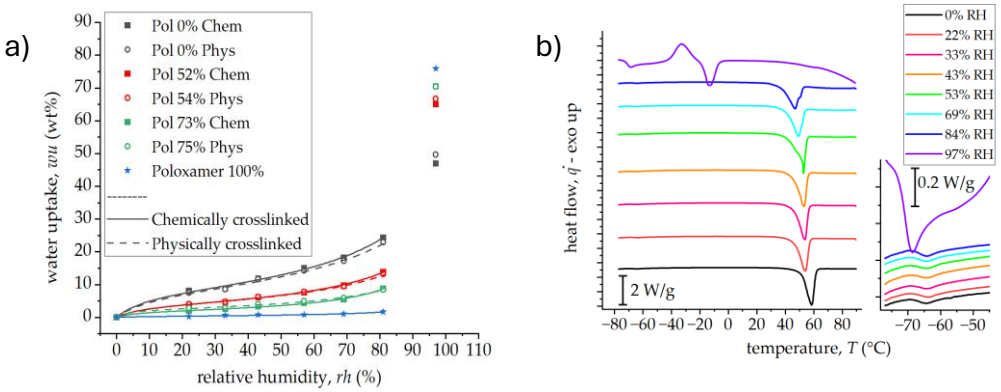


Figure 1 - Equilibrium water sorption isotherms with GAB fit (a) and DSC heating thermograms at 0–97% RH (b).

[1] S. K. Gupta et al, *Carbohydr. Polym.*, **2024**, 335, 122049.
[2] K. Mihilewicz et al, accepted in *Materials*, **2026**.
[3] K. Mihilewicz et al., in *Modern Polym. Mat. for Envir. Applications*, K. Pielichowski, Ed., **2026**, vol. 9, 109–118.

Modern flame retardants for biopolymers based on waste raw materials

Radosław Piech[1,2,3], *Tomasz M. Majka*[1,3], *Krzysztof Pielichowski*[1,3]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department of Chemistry and Technology of Polymers, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland;

[2] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland;

[3]Interdisciplinary Center for Circular Economy, PK Krakow University of Technology, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

e-mail: radoslaw.piech@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

The development of environmentally friendly flame retardants based on renewable raw materials represents an important direction in materials engineering. The aim of this study was to develop and characterize a novel flame-retardant system composed of lignin, chitosan and phosphate salts, with particular emphasis on its morphology, thermal degradation behaviour and char-forming potential.

Lignin was selected due to its aromatic structure and ability to promote the formation of a protective carbonaceous layer during thermal decomposition. Phosphate compounds were incorporated to enhance dehydration and carbonization processes, while chitosan, a nitrogen-containing biopolymer, served as an additional component supporting the formation of a cohesive lignin-containing structure. Preliminary investigations of phosphate-modified lignin demonstrated significant changes in its thermal degradation behaviour and increased char residue, indicating the potential benefits of phosphorus incorporation.

Based on these findings, three lignin–phosphate–chitosan systems were synthesized using diammonium hydrogen phosphate, disodium hydrogen phosphate and sodium ammonium hydrogen phosphate tetrahydrate. The synthesis involved the addition of phosphate salts to a chitosan solution, resulting in gel formation, followed by lignin incorporation. The obtained materials were characterized using scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS), thermogravimetric analysis (TG/DTG), differential scanning calorimetry (DSC) and X-ray diffraction (XRD). These techniques were employed to investigate the morphology, elemental composition, thermal properties and structural characteristics of the developed systems.

The combination of lignin, phosphate compounds and chitosan offers a promising approach to the development of predominantly bio-based flame-retardant additives. Particular attention was given to the incorporation of phosphorus-containing species and their potential contribution to thermal degradation pathways and char formation. The developed systems may serve as sustainable flame-retardant additives for future applications in polymer composites.

One of the authors (RP) is grateful for financial support under DS-M Contract.

Cosmetic activity of extracts and ferments from Polish varieties of the grapevine (*Vitis vinifera*)

Dawid Dubiel[1,2]*, Magdalena Malinowska*[1]*, Arnaud Lanoue*[3]*, Florent Magot*[3]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department C-2, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department C-2, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[3] Université de Tours, Faculté de Pharmacie, 31 Av. Monge, 37200 Tours France

e-mail: dawid.dubiel@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Grapevine (*Vitis vinifera* L.) represents a valuable source of biologically active compounds with considerable potential for cosmetic applications. Grape-derived materials are particularly rich in polyphenols, including flavonoids, phenolic acids, and stilbenes, which are associated with antioxidant, anti-inflammatory, and skin-protective properties [1,2]. Furthermore, fermentation may enhance the bioavailability and biological activity of phytochemicals through microbial biotransformation [3].

The aim of this study was to investigate the cosmetic potential of extracts and ferments obtained with *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* from Polish grapevine varieties (Saival blanc, Solaris, Krystal, Jutrzenka), with particular emphasis on their biological activity and potential application as active ingredients in skincare formulations. Phytochemical profiling of the investigated material was also performed using UPLC/MS to determine the contents of compounds belonging to the stilbenoid, flavonoid, amino acid, and phenolic acid groups.

The research focused on the characterization of grape-derived preparations and the evaluation of selected properties relevant to cosmetic applications, including antioxidant activity and other skin-related biological effects – Antiaging properties (Colagenase and Elastase inhibition). Particular attention was given to the potential influence of fermentation on the phytochemical composition and functional properties of the investigated materials. Phytochemical profiling confirmed the presence of numerous bioactive compounds belonging to the polyphenol group, including phenolic acids (gallic, caffeic, p-coumaric acids), flavonols (quercetin), flavan-3-ols (catechin and epicatechin), and stilbenes (resveratrol).

The study contributes to the exploration of locally cultivated grapevine varieties as promising sources of natural cosmetic ingredients. The investigation of grape extracts and ferments may support the development of innovative, sustainable, and multifunctional skincare products based on plant-derived bioactive compounds. The extract fermented with yeasts from fruits has better properties then without fermentation, however extract from stems has better properties without fermentation.

[1] D. Dubiel, 'Właściwości prozdrowotne ekstraktów z różnych części winorośli właściwej (Vitis vinifera L.). Przegląd literaturowy', *PRZEMYSŁ CHEMICZNY*, 1 (3), 95–100, **2026,** doi: 10.15199/62.2026.3.6.

[2] M. Insanu, H. Karimah, H. Pramastya, and I. Fidrianny, 'Phytochemical compounds and pharmacological activities of vitis vinifera L.: An updated review', **2021**, *AMG Transcend Association*. doi: 10.33263/BRIAC115.1382913849.

[3] C. Pérez-Rivero and J. P. López-Gómez, 'Unlocking the Potential of Fermentation in Cosmetics: A Review', **2023,** *MDPI*. doi: 10.3390/fermentation9050463.

Fabrication of Colombian Silk Fibroin Nanoparticles via Nanoemulsion: Characterization and β-Carotene Encapsulation for Biomedical Applications

Monsalve-Rios, Alejandra[1,2]; *Melchor-Moncada Jhon Jairo*[1]*; Zuluaga-Vélez Augusto*[1]*; Buitrago-Sierra Robison*[2]*, Sepúlveda-Arias, Juan Carlos*[1]

[1] Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

[2] PK Krakow University of Technology, Poland

[3] Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

e-mail: alejandra.monsalve@utp.edu.co

Abstract:

Silk fibroin (SF) from *Bombyx mori* cocoons is a biocompatible, biodegradable protein with promising nanobiotechnology applications. However, conventional SF nanoparticle fabrication faces challenges related to solvent toxicity, limited size control, and poor encapsulation efficiency. This study developed a nanoemulsion (NE)-templated strategy using SF from the Colombian *B. mori* hybrid Pílamo 2 to produce homogeneous nanoparticles and encapsulate β-carotene (BC) for enhanced stability. Blank NEs were prepared using a modified phase inversion method with Tween 80 and olive oil, screening surfactant-to-oil and oil-to-water ratios. The optimal formulation (10:1; 10:90) produced droplets of 10.7 ± 0.2 nm (PDI = 0.115 ± 0.03). Replacing the aqueous phase with SF (1 mg/mL) in 0.9% NaCl yielded monomodal NE-SF nanoparticles (15.3 ± 0.1 nm), stable for seven months at 4 °C, with a ζ-potential near −10 mV. SEM revealed homogeneous spherical particles, suggesting an inverse core–shell structure. FTIR analysis showed increased β-sheet content from 60% in SF solution to 71% in NE-SF, while BC incorporation preserved β-sheet richness and increased α-helix/β-turn contributions. Under UV-C exposure, free BC completely degraded within 12 h, and NE-β exhibited 97% degradation after 48 h, whereas NE-SF-β showed only 14% degradation, demonstrating enhanced photoprotection. Rheological, ORAC, hemolysis, and HFF-1 MTT assays were performed to evaluate physicochemical behavior, antioxidant capacity, and biocompatibility. Overall, NE templating enables the production of small, stable SF nanoparticles and substantially improves BC photostability, offering a promising platform for delivering hydrophobic, photosensitive bioactives in biomedical applications.

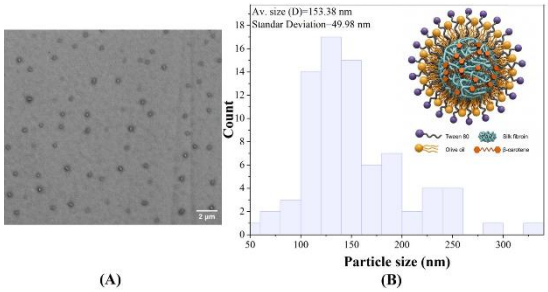


Figure 1. SEM micrographs (A) and particle size distribution histogram and scheme (inside figure) (B) of NE-SF-β.

This study was funded by Universidad Tecnológica de Pereira (grants E5-25-2; 5-26-1).

[1] Elzayat, A. et al., Colloids Surf. B Biointerfaces, 2021, 203, 111764.

Sesja posterowa I

Smart Materials – Materiały funkcjonalne, polimery i nanotechnologia

BioTech Minds – Biotechnologia przemysłowa i molekularna

Analytica – see beyond the signal – Analityka chemiczna, nowoczesne metody badawcze

Engineering the Chemistry – Technologia chemiczna i Inżynieria procesowa

Molecules by Design – Chemia organiczna, projektowanie i synteza związków bioaktywnych

Skład komisji:
dr hab. Konstantinos Raftopoulos, prof. PK

dr inż. Anna Sienkiewicz

dr inż. Sebastian Pater

dr hab. inż Paweł Staroń, prof. PK

Synteza biopochodnego monomeru VE z waniliny i erytrytolu z wykorzystaniem katalizatora zeolitowego HCZM-40 w kierunku otrzymywania poliuretanów bezizocyjanianowych (NIPU)

Wiktoria Gdańska[1]*, Edyta Hebda*

[1]Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów (C-4), ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: wiktoria.gdanska@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

W niniejszej pracy przedstawiono syntezę i charakterystykę biopochodnego monomeru VE, otrzymywanego w reakcji acetalizacji waniliny z erytrytolem, z zastosowaniem heterogenicznego katalizatora zeolitowego HCZM-40. Otrzymany związek, zawierający sztywne ugrupowania aromatyczne oraz reaktywne grupy hydroksylowe, stanowi potencjalną alternatywę dla konwencjonalnych monomerów aromatycznych pochodzenia petrochemicznego, w tym bisfenolu A (BPA). Monomer VE może być wykorzystany jako prekursor do syntezy pochodnych epoksydowych, a następnie biscyklicznych węglanów, znajdujących zastosowanie w otrzymywaniu poliuretanów bezizocyjanianowych (NIPU).

Głównym celem badań było opracowanie efektywnej metody syntezy i oczyszczania monomeru VE z wykorzystaniem katalizatora HCZM-40, będącego mordenitem o stosunku molowym SiO_2/Al_2O_3 wynoszącym 40. Wysoka aktywność katalityczna tego zeolitu wiąże się z dostępnością centrów kwasowych Brønsteda zlokalizowanych na jego powierzchni zewnętrznej, które odgrywają kluczową rolę w przebiegu reakcji acetalizacji. Istotne znaczenie ma również hydrofobowy charakter powierzchni katalizatora, ograniczający niekorzystny wpływ wody powstającej podczas reakcji. Dodatkową zaletą HCZM-40 jest możliwość jego regeneracji i ponownego wykorzystania, co wpisuje się w założenia zrównoważonej syntezy chemicznej.

Po zakończeniu reakcji mieszaninę poreakcyjną zatężano poprzez odparowanie toluenu, a otrzymaną pozostałość rozpuszczano w dimetylosulfotlenku (DMSO). Następnie oddzielano katalizator i wytrącano produkt poprzez dodatek wody. Otrzymany osad poddawano filtracji, przemywaniu etanolem i acetonem oraz suszeniu. Strukturę chemiczną produktu analizowano metodami spektroskopowymi FT-IR i protonowego rezonansu magnetycznego (^{1}H NMR), natomiast jego właściwości termiczne charakteryzowano za pomocą termograwimetrii (TG) i różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC).

Przeprowadzone badania umożliwiły otrzymanie i wyizolowanie biopochodnego monomeru VE oraz ocenę możliwości zastosowania katalizatora HCZM-40 w jego syntezie. Uzyskane rezultaty stanowią podstawę do dalszych prac nad optymalizacją procesu, a także wykorzystaniem otrzymanego związku do syntezy funkcjonalnych monomerów węglanowych przeznaczonych do otrzymywania poliuretanów bezizocyjanianowych (NIPU).

Nowy hybrydowy monomer węglanowy jako prekursor bezizocyjanianowych poliuretanów (NIPU) o potencjalnie termoplastycznym charakterze

Magdalena Kaszuba[1], *Edyta Hebda*[1]

[1] Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: magdalena.kaszuba@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie metody syntezy nowego hybrydowego monomeru węglanowego zawierającego struktury organiczno-nieorganiczne oraz ocena możliwości jego zastosowania do otrzymywania poliuretanów bezizocyjanianowych (NIPU) o potencjalnie termoplastycznym charakterze. Wprowadzenie struktur hybrydowego monomeru do układów poliuretanowych stwarza możliwość kształtowania ich budowy oraz właściwości fizykochemicznych, natomiast wykorzystanie reakcji aminolizy cyklicznych węglanów pozwala na otrzymywanie wiązań hydroksyuretanowych bez konieczności stosowania izocyjanianów.

W ramach badań przeprowadzono syntezę hybrydowego monomeru węglanowego, a następnie wykorzystano go do otrzymywania poliuretanów bezizocyjanianowych w reakcji z mieszaninami diamin o zróżnicowanej budowie chemicznej i długości łańcucha: polieterowej diaminy na bazie poli(tlenku propylenu) (Jeffamine D2000) oraz 1,12-diaminododekanu (DDAD). Syntezy prowadzono przy zróżnicowanych stosunkach molowych zastosowanych diamin, co umożliwiło otrzymanie materiałów o różnym udziale segmentów elastycznych i sztywnych. Przebieg reakcji monitorowano metodą spektroskopii w podczerwieni (FTIR), analizując zmiany intensywności pasm charakterystycznych dla cyklicznych grup węglanowych oraz powstawanie ugrupowań hydroksyuretanowych.

Strukturę chemiczną otrzymanego monomeru hybrydowego analizowano z wykorzystaniem spektroskopii FTIR oraz magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR). Dodatkowo przeprowadzono analizę metodą chromatografii żelowej (GPC) w celu oszacowania jego masy molowej. Właściwości termiczne otrzymanych materiałów NIPU, scharakteryzowano metodami analizy termograwimetrycznej (TG) i różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC). Badania te umożliwiły wstępną ocenę stabilności termicznej oraz identyfikację przemian termicznych związanych z organizacją struktury otrzymanych materiałów.

Przeprowadzone badania wykazały możliwość wykorzystania zsyntetyzowanego hybrydowego monomeru węglanowego jako reaktywnego prekursora do otrzymywania poliuretanów bezizocyjanianowych. Zastosowanie diamin o zróżnicowanej długości łańcucha stwarza możliwość projektowania materiałów o regulowanym udziale segmentów elastycznych i sztywnych. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do dalszych badań nad zależnościami pomiędzy składem chemicznym, organizacją strukturalną i właściwościami termomechanicznymi hybrydowych materiałów NIPU.

Autorzy dziękują Narodowemu Centrum Nauki za wsparcie finansowe w ramach umów nr DEC-2022/45/B/ST8/03060.

[1] Kalia, S., Pielichowski, K. (eds.), *Polymer/POSS Nanocomposites and Hybrid Materials: Preparation, Properties, Applications*, Springer International Publishing, 2018.
[2] Cornille, A., Auvergne, R., Figovsky, O., Boutevin, B., Caillol, S., *A perspective approach to sustainable routes for non-isocyanate polyurethanes*, European Polymer Journal, 2017.

Jednoetapowe wytwarzanie hierarchicznie porowatych rusztowań TPU przez równoczesne wymywanie porogenu i separację faz w druku DIW

Jan Cieślik[1]*, Kacper Paciorek*[1]*, Jan Ozimek*[1]*, Mateusz Rociński*[2]*, Maciej Pilch*[2]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska

e-mail: jan.cieslik@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

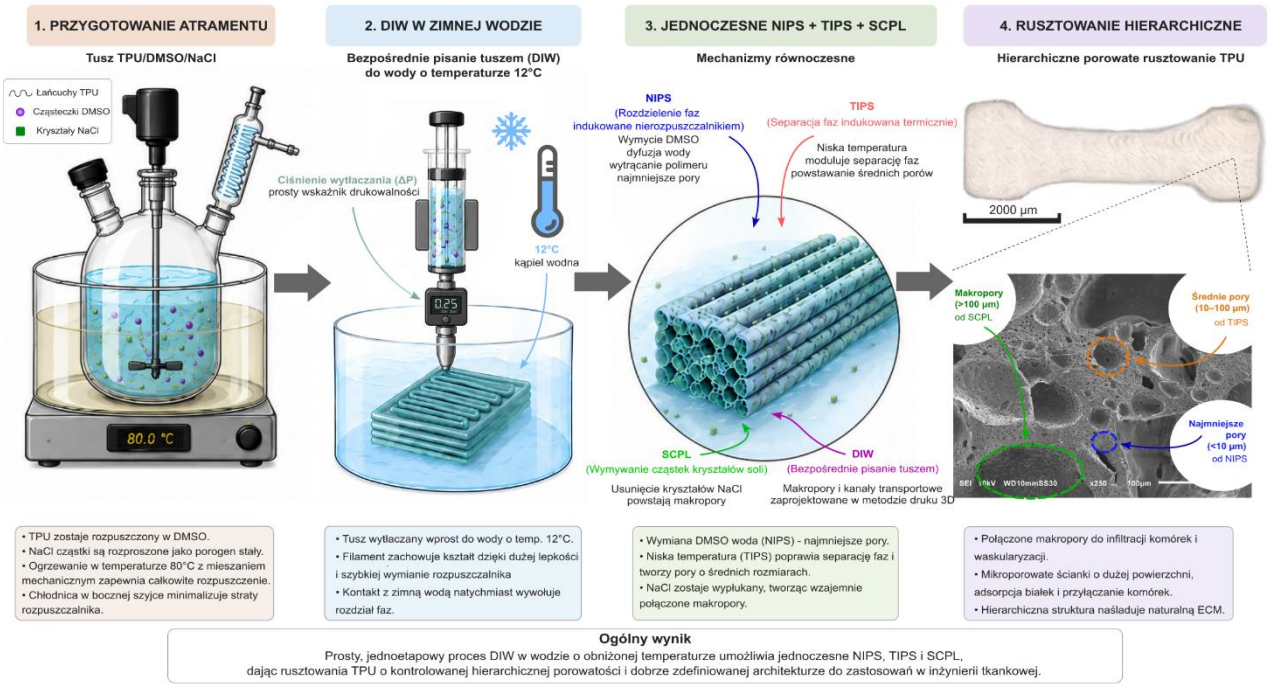
Porowate skafoldy tkankowe muszą mieć określony kształt oraz rozbudowaną, otwartokomórkową strukturę wewnętrzną o porowatości w trzech skalach: kanałów transportowych, porów wielkości komórek i mikroporowatości ścianek. Klasyczne metody dają jedną skalę naraz i wymagają łączenia etapów, przez co wytwarzanie takich struktur pozostaje wyzwaniem.

Opracowywana metoda łączy elementy technologii Solvent Casting and Particulate Leaching (SCPL) oraz druku 3D przez Direct Ink Writing (DIW). Tusz stanowi 20-40% roztwór termoplastycznego poliuretanu (TPU) w dimetylosulfotlenku (DMSO) z dodatkiem NaCl jako porogenu, wytłaczany przez dyszę bezpośrednio do środowiska wodnego, gdzie TPU ulega wytrąceniu, a NaCl wymyciu. W jednym etapie zachodzi równocześnie kilka procesów: tworzenie projektowanych kanałów w metodzie DIW, wymywanie NaCl na zasadzie SCPL, wymiana DMSO-woda prowadząca do separacji faz w procesie NIPS oraz rozdział faz ciekłych pod wpływem różnicy temperatur metodą TIPS.

Analiza SEM potwierdza hierarchiczność struktury porów, a pomiary grawimetryczne wykazują porowatość 69-79%. Pory tworzą trzy populacje: makropory (>100 µm) z procesu SCPL, pory pośrednie (10-100 µm) z TIPS oraz pory najmniejsze (<10 µm) z NIPS. Przy zmianie temperatury kąpieli wodnej (12 °C, 20 °C, 60 °C) zaobserwowano spadek udziału populacji pośredniej wraz ze wzrostem temperatury. W tuszu schłodzonym do 5°C, gdzie zamarzanie zachodzi w skali rzędu 30 minut, a więc znacznie dłuższej niż czas druku, badania SEM nie wskazują na zmianę struktury przez igłowate kryształy DMSO.

Zidentyfikowano ograniczenia metody: sedymentację porogenu, zachodzącą w skali wielogodzinnej i ograniczaną przechowywaniem tuszu w 5 °C, zamykanie pęcherzyków powietrza wymagające odgazowania próżniowego, niską adhezję do podłoża roboczego oraz ograniczoną skuteczność wymywania, wykazaną metodami SEM-EDS i konduktometrii.

Uzyskana trójstopniowa struktura porów jest obiecująca dla kontrolowanego kształtowania architektury wewnętrznej skafoldów.



Rysunek 1. Ogólny opis zastosowanej metody druku DIW przy jednoczesnym wymywaniu porogenu i separacji faz.

Autorzy wyrażają wdzięczność za subwencję przyznaną przez Ministerstwo Edukacji i Nauki Wydziałowi Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej.

Od oleju z rzodkwi oleistej do paneli budowlanych – biopochodne pianki PUR-PIR

Ewelina Stanik[1]*, Sławomir Michałowski*[1]*, Elżbieta Malewska*[1]*, Maria Kurańska*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: ewelina.stanik@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Współczesne budownictwo stawia coraz większe wymagania wobec materiałów termoizolacyjnych, które powinny zapewniać wysoką izolacyjność cieplną, trwałość oraz bezpieczeństwo użytkowania. Jednym z kierunków rozwoju jest ograniczenie stosowania surowców petrochemicznych poprzez wykorzystanie materiałów z surowców odnawialnych. Szczególne znaczenie mają oleje roślinne, które po odpowiedniej modyfikacji chemicznej mogą zostać wykorzystane do otrzymywania biopolioli stanowiących alternatywę dla konwencjonalnych polioli petrochemicznych.

W ramach badań zastosowano biopoliol otrzymany z oleju z nasion rzodkwi oleistej, który wykorzystano w 100% jako komponent poliolowy do produkcji pianek PUR-PIR. Na ich bazie opracowano panele GREEN-SAFE PIR-Panel, przeznaczone do zastosowań termoizolacyjnych w budownictwie, w których pianka stanowi rdzeń pomiędzy warstwami okładzinowymi. Przeanalizowano wpływ rodzaju i grubości folii wykonanych z poli(tereftalanu etylenu) na właściwości otrzymanych paneli. Ocenie poddano strukturę komórkową, adhezję rdzenia do okładzin, właściwości mechaniczne oraz zmiany współczynnika przewodzenia ciepła w czasie.

Przeprowadzone badania umożliwią określenie wpływu parametrów okładzin na właściwości użytkowe paneli oraz ocenę możliwości zastosowania biopoliuretanowych paneli termoizolacyjnych w nowoczesnym i zrównoważonym budownictwie.

Badania realizowane w ramach projektu FutureLab nr 153. GREEN-SAFE PIR-Panel – Biopochodne pianki PUR-PIR do ognioodpornych paneli budowlanych z oleju rzodkwi oleistej.

Nowe systemy fotoinicjujące na bazie aminopochodnych benzylidenoacetonu dedykowane do procesów druku 3D

Michał Sula[1], *Filip Petko*[1], *Andrzej Świeży*[1], Joanna Ortyl[1, 2, 3]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[2] Photo HiTech Sp. z o.o., Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków, Polska

[3] Photo4Chem Sp. z o.o., Juliusza Lea 114 / 416A,416B, 30-133 Kraków, Polska

e-mail: michal.sula@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Obecne wymagania stawiane technologiom fotopolimeryzacji w kadzi (VPP) skłaniają do poszukiwania nowych systemów inicjujących, które mogłyby zastąpić toksyczne związki, takie jak TPO, oraz powszechnie stosowane sole jodoniowe, wykazujące słabą absorpcję w zakresie światła widzialnego. W pracy przedstawiono syntezę nowej grupy aminopochodnych benzylidenoacetonu oraz ocenę ich przydatności w procesach fotopolimeryzacji rodnikowej i kationowej. Modyfikacja struktury badanych cząsteczek miała na celu przesunięcie ich pasma absorpcyjnego w stronę długości fali 405 nm, odpowiadającej emisji powszechnie stosowanych diod LED [1,2].

Przygotowano dwuskładnikowe układy fotoinicjujące, w których badane pochodne pełniły funkcję donorów elektronów w parze z solami jodoniowymi oraz akceptorów w układach z koinicjatorami aminowymi. Mechanizmy fototransferu elektronu przeanalizowano na podstawie widm absorpcyjnych UV-Vis oraz potencjałów redoks wyznaczonych metodą woltamperometrii cyklicznej. Kinetykę polimeryzacji monomerów akrylanowych oraz epoksydowych przy naświetlaniu diodą LED 405 nm monitorowano w czasie rzeczywistym techniką RT-FTIR.

Pomiary kinetyczne wykazały wysoki stopień konwersji grup funkcyjnych oraz dobrą reaktywność przygotowanych kompozycji. Zastosowanie opracowanych systemów w druku 3D pozwoliło na otrzymanie kształtek o dobrej rozdzielczości i poprawnym odwzorowaniu geometrii. Uzyskane wyniki wskazują, że modyfikowane aminopochodne benzylidenoacetonu mogą stanowić użyteczną alternatywę dla komercyjnych fotoinicjatorów w technologiach przyrostowych.

Podziękowania/Finansowanie: Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER pod tytułem: "Nowe innowacyjne kompozytowe materiały konstrukcyjno-naprawcze utwardzane na drodze wysoce energooszczędnej fotoindukowanej polimeryzacji frontalnej", numer projektu: LIDER15/0374/2024.

[1] M. Topa, E. Hola, M. Galek, F. Petko, M. Pilch, R. Popielarz, F. Morlet-Savary, B. Graff, J. Lalevée, J. Ortyl, Polym. Chem., 2020, 11, 5261-5278

[2] Świeży, A. K., Petko, F. K., Krok-Janiszewska, D. P., Szymaszek, P., Galek, M., & Ortyl, J. (2025). New efficient D-π-A and A-π-A structured type I radical photoinitiators for additive manufacturing nanomaterials preparation. Advanced Materials Technologies

Zależność między składem formulacji, właściwościami strukturalnymi i stabilnością membran polimerowych PIM

Piotr Michałowski[1,2]*, Dorota Jakubczyk*[2]*, Katarzyna Bielicka-Daszkiewicz*[1]

[1] Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Berdychowo 4, 60-965 Poznań

[2] Instytut Chemii Bioorganicznej, Polska Akademia Nauk, Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań

e-mail: piotr.michalowski@doctorate.put.poznan.pl

Streszczenie:

Membrany polimerowe typu PIM (ang. *polymer inclusion membranes*) stanowią obiecującą grupę materiałów wykorzystywanych w procesach separacji, których właściwości fizykochemiczne zależą od składu formulacji, rodzaju zastosowanej matrycy polimerowej oraz obecności i zawartości plastyfikatora.

Celem pracy było określenie zależności między składem membran, ich właściwościami strukturalnymi i morfologicznymi a stabilnością w kontakcie z wybranymi rozpuszczalnikami. Szczególną uwagę poświęcono układom opartym na trioctanie celulozy (CTA), polichlorku winylu (PVC) oraz chitozanie, z uwzględnieniem wpływu rodzaju plastyfikatora i proporcji poszczególnych składników na odporność membran na oddziaływanie czynników zewnętrznych. Stabilność materiałów oceniano na podstawie zmian masy po 30, 60 i 90 minutach ekspozycji na rozpuszczalniki, natomiast analizę składu i uwalniania plastyfikatorów uzupełniono badaniami chromatograficznymi HPLC. Charakterystykę materiałową rozszerzono o analizę FTIR, AFM oraz XRD, umożliwiając ocenę jednorodności powierzchni i identyfikację zmian zachodzących w strukturze membran.

Testy stabilności wskazały, że formulacje o proporcji baza:plastyfikator 90:10 (v/v) wykazywały się najniższym tempem migracji masy z przestrzeni membranowej sięgającym <0,1 mg/min. Odporność membran zależała od polarności i charakteru rozpuszczalnika, czego przykładem była znaczna utrata masy membrany CTA z plastyfikatorem eterowym (2-NPOE) w ekspozycji na metanol. Badania XRD potwierdziły głównie amorficzny charakter analizowanych materiałów, przy czym dodatek plastyfikatorów powodował zmiany w upakowaniu łańcuchów polimerowych. Dla referencyjnej membrany CTA odległość międzysegmentowa wynosiła 10,38 Å, natomiast w układzie CTA/2-NPOE (30:70) wzrastała do 14,67 Å, wskazując na istotną reorganizację struktury. Wyniki mikroskopii AFM wykazały, że membrany CTA zawierające plastyfikator DBS (sebacynian dibutylu) charakteryzowały się najmniejszą chropowatością powierzchni (2,61 nm), podczas gdy dla układów z 2-NPOE i HDEHP (bis(2-etyloheksylo)fosforan) wynosiła ona odpowiednio 6,13 i 8,31 nm. W membranach PVC szczególnie wysoką chropowatość odnotowano dla HDEHP (282,96 nm), co wskazuje na większe zróżnicowanie topografii powierzchni.

Podsumowując, stabilność membran PIM wynika ze współzależności składu formulacji, struktury wewnętrznej i morfologii powierzchni. Układy z DBS wykazywały korzystną jednorodność powierzchni, natomiast wyniki XRD podkreśliły znaczenie zmian upakowania łańcuchów polimerowych. Łączna analiza tych parametrów umożliwia lepszą ocenę formulacji i wspiera projektowanie membran o zwiększonej trwałości.

Niniejsza praca powstała przy wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (0912/SBAD/2613).

Oznaczenie zawartości barwników fotosyntetycznych młodych roślin sałaty lodowej po aplikacji kompozytów skrobiowych z nanocząstkami metali

Miłosz Rutkowski[1,2,3]***,*** *Małgorzata Maciak*[5]*, Ewa Godos*[6], *Barbara Domagała*[6], Karen Khachatryan[4], *Gohar Khachatryan*[2], *Marcin Rapacz*[3]

[1] Centrum Innowacji oraz Badań Prozdrowotnej i Bezpiecznej Żywności, Uniwersytet Rolniczy Krakowie

[2] Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

[3] Katedra Fizjologii, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

[4] Laboratorium Nanotechnologii i Nanomateriałów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

[5] Studenckie Koło Naukowe Ogrodników, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

[6] Katedra Ogrodnictwa, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

e-mail: milosz.rutkowski@student.urk.edu.pl

Streszczenie:

Nanocząstki metali, działając jako czynnik stresu abiotycznego, mogą wpływać na syntezę substancji bioaktywnych w roślinach. Celem badań była ocena wpływu kompozytów skrobiowych zawierających nanocząstki srebra lub złota na zawartość barwników fotosyntetycznych w 6-tygodniowych sadzonkach sałaty lodowej. Nanocząstki zsyntetyzowano metodą chemiczną, z użyciem skrobi (4%) jako stabilizatora oraz ksylozy (4%) jako reduktora. Wyjściowe dyspersje kompozytów (50 mg/L nanocząstek) rozcieńczano wodą destylowaną do stężeń 10 oraz 5 mg/L. W doświadczeniu zastosowano dwa rodzaje kontroli: negatywną (woda destylowana) oraz kontrolę nośnika (wodna dyspersja stabilizatorów bez nanocząstek). Sadzonki poddano 10-dniowej ekspozycji na badane preparaty w temperaturze pokojowej przy stałym dostępie do światła. Po upływie tego czasu oznaczono zawartość karotenoidów, chlorofilu *a* oraz chlorofilu *b*. Zaobserwowano, że wodna dyspersja samej skrobi stymuluje syntezę chlorofilu *a* i *b* w porównaniu do kontroli wodnej (negatywnej), nie wpływając jednak na poziom karotenoidów. Aplikacja kompozytów o stężeniu 10 mg/L spowodowała istotny wzrost zawartości wszystkich badanych barwników (względem wody destylowanej). Z kolei zastosowanie niższego stężenia (5 mg/L) zniosło stymulujący efekt samej skrobi – poziom chlorofilu *a* i *b* uległ obniżeniu w stosunku do kontroli nośnika, zrównując się z wynikami kontroli negatywnej. Reakcja roślin na kompozyty z udziałem srebra i złota była zbliżona. Badania dowodzą, że dyspersje skrobi z nanocząstkami metali wykazują zależny od dawki wpływ na aparat fotosyntetyczny sałaty lodowej. Stężenie 10 mg/L działa jako czynnik stymulujący syntezę barwników, podczas gdy stężenie 5 mg/L może hamować stymulujące właściwości samego nośnika skrobiowego.

Wpływ rodzaju i zawartości odpadowych włókien tekstylnych na właściwości mechaniczne i mikrostrukturę kompozytów polimerowych na osnowie LDPE, HDPE i bioPET

Bartosz Trębacz[1]

[1] Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

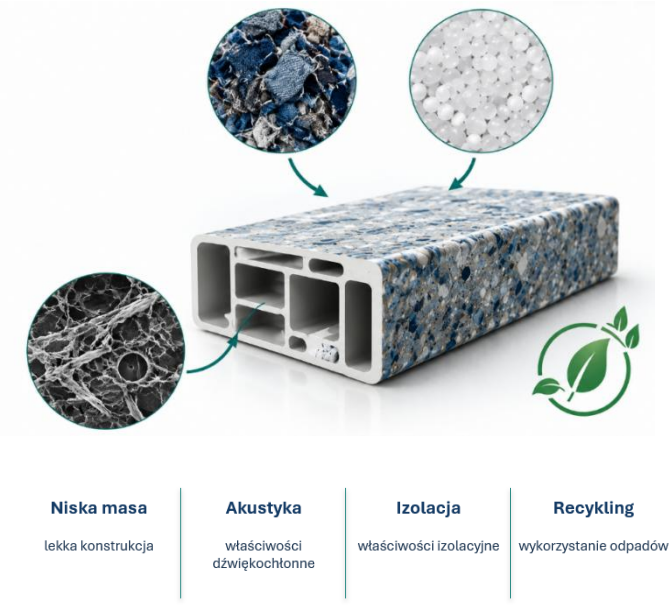
[2] Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

bartosz.trebacz@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Celem pracy jest ocena wpływu rodzaju i zawartości odpadowych włókien tekstylnych na właściwości mechaniczne oraz mikrostrukturę kompozytów polimerowych na osnowie polietylenu małej gęstości (LDPE), polietylenu dużej gęstości (HDPE) oraz biopochodnego politereftalanu etylenu (bioPET). Badania wpisują się w rozwój zrównoważonych materiałów inżynierskich oraz koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, zakładającą ponowne wykorzystanie odpadów tekstylnych jako surowców do wytwarzania materiałów kompozytowych. W ramach pracy wykorzystano odpadowe włókna pochodzące z tkanin jeansowych (denim), bawełny oraz materiałów poliestrowych PET. Włókna poddano mechanicznemu rozdrabnianiu, a następnie wprowadzono do osnów polimerowych w różnych udziałach masowych. Kompozyty otrzymano metodą wtryskiwania, co umożliwiło przygotowanie próbek do badań porównawczych. Zakres prac obejmował ocenę właściwości mechanicznych w statycznej próbie rozciągania i trójpunktowego zginania, a także analizę mikrostruktury i jakości połączenia włókien z osnową z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Uzupełniająco przeprowadzono analizę morfologii włókien oraz identyfikację ich składu metodą spektroskopii FTIR.

Uzyskane wyniki wskazują, że wpływ odpadowych włókien tekstylnych na właściwości kompozytów zależy zarówno od rodzaju osnowy polimerowej, jak i typu oraz zawartości zastosowanego napełniacza. Wprowadzenie włókien może prowadzić do zwiększenia sztywności i wybranych parametrów wytrzymałościowych, jednak nadmierna zawartość fazy wzmacniającej nie zawsze przynosi dalszą poprawę właściwości. Obserwacje mikroskopowe pozwalają powiązać zachowanie mechaniczne materiałów z morfologią włókien, ich rozmieszczeniem oraz jakością adhezji na granicy faz włókno–polimer. Praca przyczynia się do poszerzenia wiedzy na temat możliwości wykorzystania odpadów tekstylnych w kompozytach polimerowych i może stanowić podstawę do projektowania materiałów o właściwościach dostosowanych do zastosowań technicznych.



Rysunek 1 – Schemat koncepcji kompozytu polimerowego z odpadowymi włóknami tekstylnymi.

Indukcja tolerancji na metale ciężkie u drożdży *Phaffia rhodozyma* poprzez adaptację do warunków stresowych w bioremediacji ścieków przemysłowych

Patrycja Nowak[1]*, Jarosław Chwastowski*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: patrycja.nowak@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Zanieczyszczenie środowiska jonami metali ciężkich, takimi jak kadm (Cd), ołów (Pb) oraz chrom (Cr), stanowi jedno z najistotniejszych wyzwań współczesnej ochrony środowiska. W odpowiedzi na ograniczenia konwencjonalnych metod oczyszczania ścieków przeprowadzono badania nad wykorzystaniem drożdży *Phaffia rhodozyma* jako biosorbentu metali ciężkich po uprzedniej adaptacji do warunków stresowych. Celem badań było uzyskanie szczepów o zwiększonej tolerancji na metale ciężkie oraz ocena ich potencjału w procesach bioremediacji ścieków przemysłowych.

Proces adaptacji przeprowadzono poprzez wielostopniową hodowlę drożdży w środowiskach zawierających stopniowo zwiększane stężenia jonów Cd, Pb i Cr, przy jednoczesnym zróżnicowaniu warunków pH oraz temperatury. Uzyskane szczepy wykazały zwiększoną przeżywalność oraz zdolność wzrostu w środowiskach o wysokim stężeniu metali ciężkich w porównaniu ze szczepem wyjściowym. Analiza aktywności enzymów antyoksydacyjnych wykazała wzrost aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), katalazy (CAT) oraz peroksydazy glutationowej (GPx), co wskazywało na skuteczne uruchomienie mechanizmów obronnych przed stresem oksydacyjnym. Jednocześnie zaobserwowano zwiększoną produkcję astaksantyny, która mogła stanowić dodatkowy czynnik chroniący komórki przed toksycznym działaniem jonów metali.

Badania z wykorzystaniem spektroskopii FTIR potwierdziły zmiany w strukturze ściany komórkowej drożdży oraz obecność związanych jonów metali na powierzchni biomasy. W testach biosorpcji adaptowane szczepy charakteryzowały się wyższą pojemnością sorpcyjną niż szczepy kontrolne, co zostało potwierdzone analizami wykonanymi metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS). W modelowych ściekach przemysłowych uzyskano wysoką skuteczność usuwania metali ciężkich przy zachowaniu stabilności biologicznej mikroorganizmów oraz możliwości ich wielokrotnego wykorzystania w kolejnych cyklach oczyszczania.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że adaptacja *Phaffia rhodozyma* do warunków stresowych skutecznie zwiększa tolerancję komórek na obecność metali ciężkich oraz poprawia efektywność ich biosorpcji. Uzyskane wyniki dostarczyły nowych informacji dotyczących mechanizmów odpowiedzi drożdży na stres środowiskowy i potwierdziły możliwość zastosowania adaptowanych szczepów w procesach bioremediacji ścieków przemysłowych. Opracowana metoda stanowi obiecujące rozwiązanie wpisujące się w założenia Zielonej Chemii i zrównoważonych technologii oczyszczania środowiska oraz może stanowić podstawę do dalszych badań aplikacyjnych i wdrożeniowych.

Wpływ wybranych jonów metali ciężkich na zdolności proliferancyjne komórek *Phaffia Rhodozyma*

Julia Wikar[1]*, Jarosław Chwastowski*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: julia.wikar@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Celem pracy była analiza wpływu wytypowanych jonów metali ciężkich—miedzi, żelaza oraz cynku—na zdolności proliferacyjne i żywotność komórek drożdży *Phaffia rhodozyma*. W szczególności zbadano relację między dynamiką wzrostu biomasy a poziomem biosyntezy astaksantyny, czyli naturalnego karotenoidu o silnych właściwościach przeciwutleniających.

Badania prowadzono w warunkach hodowli płynnej, wprowadzając jony metali w dwóch wariantach czasowych: bezpośrednio podczas zaszczepienia oraz w fazie logarytmicznego wzrostu populacji. Ocenę zdolności proliferacyjnych i przeżywalności komórek przeprowadzono metodą barwienia przyżyciowego błękitem metylenowym. Oznaczenie ilościowe skumulowanej astaksantyny wykonano spektrofotometrycznie po uprzedniej ekstrakcji biomasy metodą Sedmaka z użyciem DMSO i acetonu.

Spośród analizowanych metali ciężkich najsilniejszy wpływ na fizjologię drożdży wywierały jony miedzi. Wykazano, że ich umiarkowane stężenia, zwłaszcza gdy zostały wprowadzone do środowiska w fazie logarytmicznego wzrostu, nie wywoływały istotnego uszczerbku dla żywotności komórek, a jednocześnie indukowały zauważalną nadprodukcję astaksantyny, stanowiącą reakcję obronną na generowany stres oksydacyjny. Dopiero zastosowanie najwyższych dawek miedzi przekraczało próg tolerancji fizjologicznej *P. rhodozyma*, doprowadzając do drastycznego spadku przeżywalności biomasy oraz niemal całkowitego zahamowania zdolności proliferacyjnych. Z kolei jony żelaza i cynku były dobrze tolerowane przez P. rhodozyma i nie ograniczały zdolności komórek do namnażania, jednak w zastosowanym zakresie stężeń nie stymulowały wyraźnego wzrostu akumulacji barwnika.

Podsumowując, przeprowadzone badania dowodzą, że zdolności proliferacyjne drożdży są ściśle uzależnione od rodzaju i dawki metalu ciężkiego, a precyzyjnie dawkowany, umiarkowany stres miedziowy umożliwia wywołanie nadprodukcji astaksantyny bez krytycznego uszczerbku dla żywotności hodowli.

Wykorzystanie kompozytu złożonego ze spirolizowanej łuski ryżowej modyfikowanej komórkami *Bacillus cereus* do usuwania ibuprofenu ze ścieków modelowych

Wiktoria Rupar[1]*, Jarosław Chwastowski*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: wiktoria.rupar@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Obecność mikrozanieczyszczeń farmaceutycznych w środowisku wodnym stanowi jedno z najpoważniejszych wyzwań dla współczesnej inżynierii środowiska. Ibuprofen, zaliczany do grupy tzw. nowych zanieczyszczeń (*emerging contaminants*), przedostaje się do ekosystemów m.in. w wyniku niewystarczającego oczyszczania ścieków komunalnych oraz nieprawidłowej utylizacji odpadów medycznych. W odpowiedzi na potrzebę poszukiwania wydajnych i ekologicznych metod ich usuwania, w niniejszej pracy przeanalizowano potencjał aplikacyjny łuski ryżowej – masowego odpadu rolniczego – jako sorbentu w procesach bioremediacji.

Głównym celem badań było porównanie zdolności sorpcyjnych trzech modyfikacji materiału organicznego: surowej (niemodyfikowanej) łuski ryżowej, jej karbonizatu oraz kompozytu karbonizatu zintegrowanego z komórkami bakterii *Bacillus cereus*. Eksperymenty przeprowadzono z wykorzystaniem modelowych roztworów ścieków zawierających ibuprofen.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wszystkie analizowane materiały wykazują zdolność do adsorpcji ibuprofenu z fazy wodnej. Najwyższą efektywnością sorpcji zanieczyszczenia odznaczał się kompozyt karbonizatu modyfikowany komórkami *Bacillus cereus* (wykazując pojemność sorpcyjną na poziomie 17,2 mg/L). Połączenie właściwości strukturalnych nośnika węglowego z potencjałem metabolicznym mikroorganizmów pozwoliło na znaczny wzrost wydajności procesu. Uzyskane rezultaty jednoznacznie wskazują na wysoki potencjał aplikacyjny opracowanego kompozytu, co otwiera możliwości jego praktycznego wykorzystania nie tylko w zaawansowanych procesach biosorpcji, ale również w ciągłej bioremediacji środowiskowych zanieczyszczeń farmaceutycznych.

UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
COLLEGIUM MEDICUM

Wpływ nanoelicytacji kultur *in vitro* jarmużu na modyfikację profilu fitochemicznego oraz potencjału antyoksydacyjnego

Aleksandra Szymańska[1,2]*, Inga Kwiecień*[1]*, Magdalena Kniaziewicz*[3]*, Eliza Blicharska*[3]*, Małgorzata Tatarczak-Michalewska*[3]*, Katarzyna Czarnek*[4]*, Agnieszka Szopa*[1]

[1] Katedra Biotechnologii Roślin i Grzybów Leczniczych, Wydział Farmaceutyczny, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Medyczna 9, 30-688 Kraków, Polska;

[2] Szkoła Doktorska Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. św. Łazarza 16, 30-530 Kraków, Polska;

[3] Katedra Patobiochemii i Interdyscyplinarnych Zastosowań Chromatografii Jonowej, Wydział Nauk Biomedycznych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, ul. Chodźki 1, 20-093 Lublin, Polska;

[4] Instytut Nauk Medycznych, Wydział Medyczny, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, ul. Konstantynów 1H, 20-708 Lublin, Polska

e-mail: aleksandra.lukaszyk@student.uj.edu.pl

Streszczenie:

Ocena wpływu elicytacji nanocząstkami metali na profil metabolitów wtórnych oraz bioaktywność roślin stanowi kluczowy krok w kierunku precyzyjnej biofortyfikacji żywności funkcjonalnej. W tym celu wytrząsane kultury pędowe *in vitro Brassica oleracea* var. *acephala* (jarmuż) hodowano na podłożu Murashige i Skooga z dodatkiem niejonowych nanocząstek metali szlachetnych (5–15 ppm; ≤5 nm): złota (AuNPs), platyny (PtNPs), srebra (AgNPs) oraz miedzi (CuNPs).

Przeprowadzone badania analityczne (ICP-MS, UHPLC-HRMS, LC-DAD, ABTS, CUPRAC, DPPH i FRAP) oraz statystyczne (modelowanie liniowe oraz analizy wielowymiarowe PCA i HCA) wykazały, że odpowiedź metaboliczna kultur *in vitro* była zależna od rodzaju i stężenia zastosowanych NPs. Największy wzrost całkowitej zawartości glukozynolanów (9,75 µmol/g s.m.) oraz akumulacji glukobrassycyny (5,10 µmol/g s.m.) i neoglukobrassycyny (2,67 µmol/g s.m.) stwierdzono dla ekstraktów z tkanek suplementowanych PtNPs. Dla tego wariantu wykazano również największy wzrost zawartości kwasu rozmarynowego (58,49 mg/100g s.m.) oraz kwasu kawowego (26,04 mg/100g s.m.). Ponadto ekstrakty uzyskane z kultur *in vitro* jarmużu suplementowanych PtNPs wykazywały najwyższy poziom akumulacji pierwiastków, współczynnik biokoncentracji pierwiastków oraz najwyższy potencjał antyoksydacyjny we wszystkich zastosowanych testach. Nie stwierdzono istotnej cytotoksyczności większości badanych ekstraktów wobec fibroblastów skóry CCD-1090Sk oraz komórek HepG2. Wyniki te dowodzą, że najskuteczniejsze efekty wywołała suplementacja PtNPs.

Uzyskane wyniki potwierdzają potencjał nanoelicytacji jako skutecznego narzędzia stymulacji biosyntezy metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* oraz wskazują na możliwość wykorzystania tej strategii w opracowywaniu innowacyjnych nutraceutyków.



Rysunek 1 – Wygląd biomasy eksperymentalnych kultur *in vitro* jarmużu suplementowanych PtNPs (od lewej kontrola, 5, 10, 15 ppm).

Narodowe Centrum Nauki, projekt OPUS nr 2023/49/B/NZ7/02428.

Wpływ wybranych związków fluoru na kluczowe elementy środowiska

Filip Szmajdel[1]

[1]Uniwersytet Jana Kochanowskiego

e-mail: szmajdelfilip@gmail.com

Streszczenie:

Celem pracy była ocena występowania wybranych związków per- i polifluoroalkilowych (PFAS) w środowisku wodnym. Badaniami objęto wodę ze zbiorników Cedzyna i Klonów oraz tkankę mięśniową ryb z Cedzyny, Klonowa i Jastrzębca. Oznaczenia wykonano techniką LC-MS/MS po ekstrakcji i oczyszczeniu próbek. Stwierdzono obecność PFAS w obu badanych matrycach oraz zróżnicowanie ich stężeń. Najwyższe stężenie PFAS odnotowano w tkance leszcza z Cedzyny — 48,289 µg/kg. Wyniki wskazują na potrzebę systematycznego monitorowania PFAS w wodzie i organizmach wodnych. Ze względu na ograniczoną liczbę próbek uzyskane rezultaty wymagają potwierdzenia w dalszych badaniach.

Wpływ składu wsadu na wydajność i właściwości hydrokarbonizatów otrzymywanych w procesie współkarbonizacji hydrotermicznej odpadów przemysłu spożywczego

Kacper Pacholczak[1], *Mariusz Wądrzyk*[1]

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw

e-mail: kpachol@student.agh.edu.pl

Streszczenie:

Hydrotermiczna karbonizacja (HTC) stanowi innowacyjną metodę konwersji wilgotnej biomasy odpadowej do hydrokarbonizatów, pełniących funkcję alternatywnych nośników energii. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu składu wsadu na wydajność masową oraz właściwości fizykochemiczne bioproduktów otrzymywanych na drodze współkarbonizacji (Co-HTC) odpadów z przemysłu spożywczego. Jako materiał badawczy wykorzystano wytłoki jabłkowe, wytłoki marchwiowe oraz wysłodki buraczane, które poddano współprzetwarzaniu w układach binarnych i trójskładnikowym. Proces prowadzono w środowisku wodnym w temperaturze 225 °C przez 90 minut.

Ocenie poddano uzysk hydrokarbonizatów, ich parametry energetyczne oraz wybrane wskaźniki składu elementarnego. Wydajność procesu mieściła się w zakresie 39,25–43,45% mas., przy czym najwyższą wartość odnotowano dla układu potrójnego (wytłoki jabłkowe – wytłoki marchwiowe – wysłodki buraczane). Porównanie wyników eksperymentalnych z modelem addytywnym wykazało odchylenia od przewidywanej wydajności we wszystkich analizowanych układach, co potwierdza występowanie efektów synergicznych pomiędzy komponentami wsadu. Otrzymane hydrokarbonizaty charakteryzowały się istotnie zwiększonym udziałem węgla oraz obniżonym stosunkiem molowym O/C względem surowców wyjściowych. Najwyższe ciepło spalania, osiągające 27,43 MJ/kg, zarejestrowano dla biowęgla z mieszaniny wytłoków jabłkowych i marchwiowych.

Uzyskane rezultaty dowodzą, że odpowiedni dobór bazy surowcowej w procesie Co-HTC bezpośrednio determinuje wydajność i jakość otrzymywanych paliw stałych, co stanowi kluczowy aspekt przy projektowaniu i optymalizacji tej technologii.

Rafinacja konwertorowa stopów kolektorowych zawierających PGM – rola chemii żużla, warunków utleniania i strat PGM

***Krystian Kowalczuk*[1], *Marcin Banach*[1]**

[1]Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: krystian.kowalczuk@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Metale z grupy platynowców (PGM), ze względu na wysoką wartość, szerokie zastosowanie przemysłowe oraz ograniczoną dostępność zasobów pierwotnych, zaliczane są do surowców o strategicznym znaczeniu gospodarczym. Istotnym źródłem ich pozyskiwania są obecnie surowce wtórne, przetwarzane m.in. metodami pirometalurgicznymi obejmującymi wytapianie z udziałem metali kolektorowych oraz późniejszą rafinację powstałych stopów. Efektywność tych procesów zależy nie tylko od rodzaju wsadu, kolektora i zastosowanego agregatu topiącego, lecz także od warunków redoks oraz składu chemicznego żużla.

Celem pracy było dokonanie przeglądu wysokotemperaturowych metod odzysku PGM z wybranych surowców wtórnych, takich jak zużyte katalizatory samochodowe i przemysłowe, odpady WEEE oraz wybrane odpady hutnicze. Omówiono mechanizmy kolektorowania PGM z zastosowaniem Pb, Cu i Fe, a także możliwości wykorzystania pieców elektrycznych, plazmowych oraz konwertorowych w procesach recyklingu i rafinacji stopów zawierających metale szlachetne.

Szczególną uwagę poświęcono roli żużla jako fazy uczestniczącej w wiązaniu produktów utleniania, regulacji rozdziału faz metal/żużel oraz oddziaływaniu z materiałami ogniotrwałymi. Przeanalizowano wpływ składników żużla, takich jak CaO, SiO_2, MgO i Al_2O_3, na jego zasadowość, lepkość, temperaturę likwidus oraz pojemność siarczkową. Wskazano, że odpowiednie projektowanie składu żużla ma kluczowe znaczenie dla przebiegu procesów rafinacyjnych oraz ograniczania strat metali szlachetnych.

Omówiono również mechanizmy strat PGM, obejmujące mechaniczne uwięzienie kropelek fazy metalicznej w żużlu, chemiczne utlenianie, rozpuszczanie PGM w fazie żużlowej oraz możliwe straty związane z warunkami silnie utleniającymi. Zwrócono uwagę na zależność rozdziału PGM pomiędzy fazę metaliczną i żużlową od potencjału tlenowego, temperatury oraz właściwości fizykochemicznych żużla.

Wykazano, że efektywny odzysk PGM wymaga zintegrowanego sterowania etapami wytapiania i rafinacji, obejmującego dobór kolektora, typu pieca, warunków utleniania oraz składu żużla. Kompleksowa kontrola tych parametrów może przyczynić się do zwiększenia uzysku PGM, ograniczenia strat materiałowych oraz poprawy efektywności technologicznej procesów recyklingu metali z grupy platynowców.

[1] X. Wan, L. Zhou, Z. Chen, L. Shen, M. Chen, Review on Pyrometallurgical Smelting Options for Recycling Precious and Platinum Group Metals from Secondary Resources, Metallurgical and Materials Transactions B 56(6) (2025) 6118–6144. DOI: 10.1007/s11663-025-03824-0.
[2] E. Matinde, J. D. Steenkamp, Metallurgical Overview and Production of Slags, in: N. M. Piatak, V. Ettler (eds.), Metallurgical Slags: Environmental Geochemistry and Resource Potential, Royal Society of Chemistry (2021), pp. 14–58. DOI: 10.1039/9781839164576-00014.
[3] I. Bellemans, E. De Wilde, N. Moelans, K. Verbeken, Metal Losses in Pyrometallurgical Operations – A Review, Advances in Colloid and Interface Science 255 (2018) 47–63. DOI: 10.1016/j.cis.2017.08.001.

Nawozy organiczno-mineralne z odpadów jako źródło fosforu w układzie gleba–roślina

Karolina Sawska[1,2]*, Halyna Kominko*[1]*, Barbara Tarko*[1]*, Katarzyna Gorazda*[1]

[1]Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki; Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej (C-1), Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska PK, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

e-mail: karolina.sawska@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Recykling odpadów zawierających składniki pokarmowe może wspierać domykanie obiegu fosforu, jednak wykorzystanie niejednorodnych surowców odpadowych może wpływać na dostępność składników pokarmowych oraz transfer zanieczyszczeń w układzie gleba–roślina. W pracy oceniono możliwość otrzymywania bogatych w fosfor nawozów organiczno-mineralnych z popiołu ze spalania osadów ściekowych, popiołu ze pomiotu kurzego, suszonej stałej frakcji pofermentu oraz odpadów z przetwórstwa pierza i puchu. Osiem granulowanych formulacji scharakteryzowano pod względem składu, frakcji fosforu, aminokwasów, właściwości fizycznych oraz zgodności z wymaganiami prawnymi. Produkty spełniające wymagania zastosowano jako jedyne źródło fosforu w 60-dniowym doświadczeniu wazonowym z sorgiem. Nawozy zawierały 55-65% materii organicznej, 4,9-6,6% P_2O_5, 4,5–5,7% K_2O i około 9,5% aminokwasów. Granulacja z kwaśnym hydrolizatem odpadowym zwiększyła udział łatwo dostępnej dla roślin frakcji fosforu z poniżej 10% do około 30%. Dwie formulacje o wysokim udziale popiołu z osadów ściekowych przekroczyły dopuszczalny limit niklu i zostały wykluczone z badań roślinnych. Pozostałe nawozy zwiększyły zawartość fosforu w tkankach sorga o 0,8-2,3 g P_2O_5/kg suchej masy, zwiększały zawartość chlorofilu oraz aktywność katalazy w glebie. Akumulacja potencjalnie toksycznych pierwiastków nie wzrosła istotnie względem kontroli, a wzrost biomasy nie był statystycznie istotny. Wyniki wskazują, że nawozy fosforowe otrzymywane z odpadów mogą skutecznie łączyć odzysk składników pokarmowych z korzystnym oddziaływaniem na układ gleba–roślina, jednak ich przydatność rolnicza zależy od składu i poziomu zanieczyszczenia surowców.

Biowęgiel jako składnik zrównoważonych nawozów – wpływ na właściwości gleby i dostępność fosforu

Katarzyna Łoś[1,2]*, Halyna Kominko*[1]*, Jagoda Wielgosz*[1]*, Julia Żuraw*[1]*, Katarzyna Gorazda*[1]

[1] Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Przemysłowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: katarzyna.los@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Biowęgiel, otrzymywany w procesie pirolizy biomasy odpadowej, jest coraz częściej rozpatrywany jako materiał wspierający gospodarkę składnikami pokarmowymi oraz potencjalny komponent nawozów o obiegu zamkniętym. Szczególne znaczenie ma jego potencjał do zwiększania dostępności fosforu w glebie, przy jednoczesnym wpływie na jej właściwości fizykochemiczne i aktywność biologiczną. Efekt ten jest jednak zależny m.in. od rodzaju surowca, parametrów pirolizy oraz właściwości gleby [1].

Celem badań była ocena potencjału nawozowego biowęgli otrzymanych z śruty rzepakowej oraz z fusów z kawy, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na dostępność fosforu i aktywność biologiczną gleby. W ramach doświadczenia przeprowadzono 84-dniową inkubację biowęgli w glebie, podczas której monitorowano zmiany pH, zawartości fosforu potencjalnie dostępnego dla roślin oraz fosforu rozpuszczalnego w wodzie. Oceniono również wybrane wskaźniki aktywności biologicznej gleby, a także zmiany zawartości węgla organicznego. Zastosowanie testów enzymatycznych pozwala uzupełnić ocenę zmian chemicznych o informacje dotyczące odpowiedzi biologicznej gleby, która może zmieniać się w zależności od rodzaju biowęgla i czasu inkubacji [2-3].

Uzupełnieniem badań były testy kiełkowania nasion z wykorzystaniem ekstraktów wodnych badanych biowęgli, umożliwiające wstępną ocenę ich potencjalnego wpływu fitotoksycznego na kiełkowanie i początkowy rozwój roślin. Zastosowanie tego typu testów jest szczególnie istotne przy ocenie materiałów przeznaczonych do wykorzystania rolniczego, ponieważ odpowiedź roślin może być związana m.in. z pH, zasoleniem oraz obecnością rozpuszczalnych związków organicznych [4].

Uzyskane wyniki pozwolą określić, w jakim stopniu rodzaj surowca wykorzystanego do produkcji biowęgla wpływa na dostępność fosforu oraz funkcjonowanie biologiczne gleby, a także ocenić możliwość wykorzystania badanych materiałów jako komponentów nawozów wspierających zrównoważone gospodarowanie składnikami pokarmowymi. Podejście to wpisuje się w koncepcję waloryzacji strumieni biomasy odpadowej i odzysku składników pokarmowych na potrzeby rolnictwa.

[1] Zhang L, Chang L, Liu H, Puy Alquiza MJ, Li Y. Biochar application to soils can regulate soil phosphorus availability: a review. *Biochar*. **2025**;7(1):13. doi:10.1007/s42773-024-00415-1.

[2] Tesfaye F, Liu X, Zheng J, Cheng K, Bian R, Zhang X, et al. Could biochar amendment be a tool to improve soil availability and plant uptake of phosphorus? A meta-analysis of published experiments. *Environ Sci Pollut Res*. **2021**;28(26):34108–34120. doi:10.1007/s11356-021-14119-7.

[3] Wojewódzki P, Lemanowicz J, Debska B, Haddad SA. Soil enzyme activity response under the amendment of different types of biochar. *Agronomy*. **2022**;12(3):569. doi:10.3390/agronomy12030569.

[4] Das SK, Ghosh GK, Avasthe R. Ecotoxicological responses of weed biochar on seed germination and seedling growth in acidic soil. *Environ Technol Innov*. **2020**;20:101074. doi:10.1016/j.eti.2020.101074.

Badania spektroskopowe pochodnych aromatycznych wykazujących efekt emisji indukowanej agregacją (AIE)

Iga Wąs[1], *Amelia Rebejko*[1], *Dawid Skwarczek*[1], *Małgorzata Noworyta*[1, 2], *Magdalena Jankowska*[1, 2], *Jakub Cyniak*[3], *Artur Kasprzak*[3], *Joanna Ortyl*[1, 4, 5]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

[3] Politechnika Warszawska, Pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa

[4] Photo4Chem Sp. z o. o., ul. Lea 114, 30-348 Kraków

[5] Photo HiTech Sp. z o. o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków

e-mail: iga.was@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Emisja indukowana agregacją (AIE) to zjawisko wynikające z ograniczenia wewnątrzcząsteczkowych ruchów rotacyjnych i wibracyjnych. W wyniku zmniejszania udziałów bezpromienistych procesów dezaktywacji stanów wzbudzonych prowadzi do wzrostu wydajności kwantowej fluorescencji. W przeciwieństwie do związków wykazujących efekt ACQ (wygaszania emisji spowodowanego agregacją) związki AIE mogą zostać wykorzystane w miejscach, gdzie dochodzi do agregacji lub jest potrzeba wykorzystania materiału w stałym stanie skupienia. Związki AIE znalazły swoje zastosowanie w projektowaniu materiałów emitujących światło (np. lampy OLED), wykrywaniu zanieczyszczeń środowiska i żywności, ale również w bioobrazowaniu jako sondy fluorescencyjne [1, 2, 3].

Szczególnym przypadkiem AIE jest zjawisko wzmocnienia emisji indukowane agregacją (AIEE). Przykładem związków AIEE są amidy poliaromatyczne powstałe z zastosowaniem metody mechanochemicznej. W badaniach przedstawiono podstawowe badania spektroskopowe dwóch amidów poliaromatycznych wykazujących efekt AIE, zawierających podjednostki 1,3,5-trifenylobenzenu oraz 1,1',2,2'-tetrafenyloetylenu.

Finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS pt. „Nowe możliwości rozwoju strategii projektowania i funkcjonalizacji kropek węglowych jako wielofunkcyjnych, dynamicznych, zielonych systemów fotoinicjujących i fotokatalizatorów wykorzystywanych w procesach fotopolimeryzacji", nr umowy UMO-2021/41/B/ST5/04533.

[1] Cyniak, et al., Grind, shine and detect: mechanochemical synthesis of AIE-active polyaromatic amide and its application as molecular receptor of monovalent anions or nucleotides, RSC Adv., **2024**, 14, 13227-13236.
[2] Cyniak, et al., Mechanochemically Derived Aggregation-Induced Emission (AIE) Active Polyaromatic Amides and Dendritic-Like Molecules with Structure-Dependent Photophysical and Receptor Properties, Chem. Eur. J., **2025**, 31.
[3] Yang, et al., AIE-Active Hf-MOF as Multifunctional Fluorescent Probe for Detection of Antibiotics, Pesticides and Vitamin B_2 in Food, *Inorg. Chem.,* **2026**, 65.

1-Chloro-1-nitroeten jako prekursor w syntezie środków ochrony roślin

Dominika Gondek[1]*, Przemysław Woliński*[1]*, Agnieszka Kącka-Zych*[1]

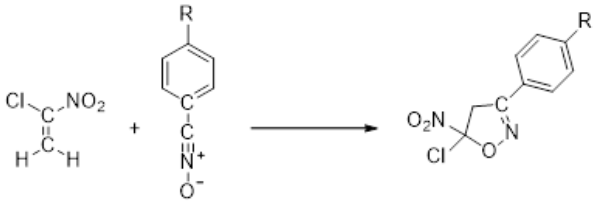
[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

e-mail: dominika.gondek@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

N-tlenki nitryli zaliczane są do 1,3-dipoli, które powszechnie wykorzystywane są w syntezie pięcioczłonowych związków heterocyklicznych, w tym pochodnych izoksazoliny. Związki te znajdują zastosowanie m.in. w chemii leków oraz jako nowoczesne środki ochrony roślin [1]. Głównym celem pracy było zbadanie reakcji [3+2] cykloaddycji pomiędzy N-tlenkami nitryli z 1-chloro-1-nitroetenem jako reaktywnym dipolarofilem.

W pierwszej kolejności przeanalizowano rolę substratów w oparciu o indeksy reaktywności, co pozwoliło ustalić, że 1-chloro-1-nitroeten pełni rolę umiarkowanego elektrofila, natomiast N-tlenki nitryli są silnymi nukleofilami. Część doświadczalna obejmowała syntezę serii para-podstawionych N-tlenków arylonitryli posiadających grupy donorowe. Synteza polegała na chlorowaniu aromatycznych oksymów za pomocą N-chlorosukcynimidu (NCS) w obecności HCl, a następnie generowaniu in situ N-tlenków w reakcji z trietyloaminą. Ostatnim etapem badań było przeprowadzenie szeregu reakcji cykloaddycji oraz potwierdzenie struktur i czystości otrzymanych produktów. Wyniki te stanowią solidną podstawę do projektowania nowych, potencjalnie aktywnych biologicznie połączeń [2].



Rysunek 1 - Schemat reakcji [3+2] cykloaddycji 1-chloro-1-nitroetenu z N-tlenkami nitryli.

[1] Dou, J. et al., Macromolecules, **2023**, 56, 12, 4715–4726.
[2] Ling-Jie Kong, L.J. et al., *J. Agric. Food Chem.* **2025**, *73* (15), 8678–8693.

Analogi 1-fenylo-1-nitroetenu jako elektrofile w reakcjach cykloaddycji – ocena metodą *CDFT*

Karol Sambora[1], *Agnieszka Łapczuk*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

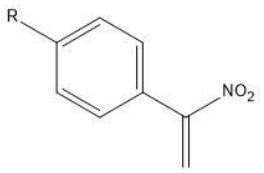
e-mail: karol.sambora@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

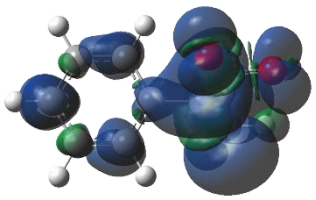
1-fenylo-1-nitroeteny mają wysoki potencjał jako elektrofile w reakcjach cykloaddycji. Charakterystyczne dla nich właściwości zawdzięczają aktywowanej grupie winylowej skoniugowanej z grupą nitrową. Sprawia to, że związek charakteryzuje się wysoką reaktywnością w reakcjach z nukleofilami.

Analiza właściwości polegała na wykorzystaniu techniki CDFT. Do obliczeń posłużono się infrastrukturą „Cyfronet". Posłużono się pakietem Gaussian 16, na poziomie teorii wb97XD/6-311G(d). Analizowano podstawniki o zróżnicowanych wartościach stałej Hammetta. Zebrane dane potwierdzają właściwości elektrofilowe i wskazują na wysokie możliwości modyfikacji wzmacniających właściwości akceptorowe.

Dla lepszego zrozumienia struktury i lokalnych właściwości obliczono wskaźniki reaktywności dla każdego atomu oraz wykonano wizualizacje gęstości spinowych funkcji Parra.



Schemat 1 – 1-fenylo-1-nitroeten.



Rysunek 1 – 1-fenylo-1-nitroeten – wizualizacja funkcji Parra.

Bardzo dziękuję polskiej infrastrukturze obliczeniowej PLGrid (Centrum HPC: ACK Cyfronet AGH) za udostępnienie zasobów obliczeniowych oraz wsparcie w ramach grantu obliczeniowego nr PLG/2026/020057.

Synteza nowych pochodnych 2,3-dichloroarylopiperazyny jako związków o potencjalnych właściwościach przeciwnowotworowych

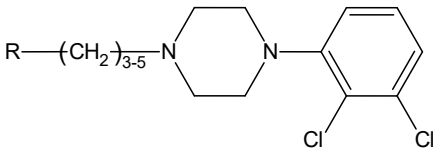
Kamil Jurek[1], *Anna K. Drabczyk*[1], *Jolanta Jaśkowska*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

e-mail: kamil.jurek@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Pochodne arylopiperazyny są szeroko opisywane w literaturze jako związki o potencjalnym zastosowaniu terapeutycznym w leczeniu zaburzeń ośrodkowego układu nerwowego (OUN), takich jak depresja czy zaburzenia lękowe. W ostatnich latach pojawia się jednak coraz więcej doniesień naukowych wskazujących, że struktury zawierające ugrupowanie arylopiperazynowe mogą stanowić również obiecujący punkt wyjścia do projektowania nowych związków o aktywności przeciwnowotworowej. Jedną z przesłanek uzasadniających ten kierunek badań jest powinowactwo wielu pochodnych arylopiperazyny do receptora serotoninowego 5-HT_1A, który stanowi istotny punkt uchwytu leków psychotropowych, a którego zwiększoną ekspresję stwierdzono również w niektórych typach nowotworów, m.in. w raku piersi i raku prostaty. Spośród różnych motywów strukturalnych szczególne zainteresowanie budzi ugrupowanie 2,3-dichlorofenylopiperazyny, obecne w strukturach licznych związków wykazujących aktywność przeciwnowotworową [1, 2]. Doniesienia te wskazują na potencjał tego fragmentu strukturalnego w projektowaniu nowych substancji o działaniu przeciwnowotworowym.



R= NH_2, paracetamol

Schemat 1 – Pochodne 2,3-dichloroarylopiperazyny.

W świetle dotychczasowych doniesień naukowych oraz rosnącej potrzeby opracowywania nowych strategii terapeutycznych w leczeniu chorób nowotworowych zaprojektowano i zsyntetyzowano serię nowych pochodnych 2,3-dichlorofenylopiperazyny. Otrzymane związki charakteryzowały się obecnością łączników alkilowych o długości od trzech do pięciu atomów węgla, zakończonych ugrupowaniem aminowym lub fragmentem strukturalnym paracetamolu. Syntezę przeprowadzono z wykorzystaniem opatentowanej metody opartej na zastosowaniu katalizy przeniesienia międzyfazowego (PTC) w warunkach wspomagania promieniowaniem mikrofalowym (MW).

Wstępne testy MTT przeprowadzone na liniach komórkowych raka wątroby wykazały obiecującą aktywność antyproliferacyjną kilku pochodnych, wskazując je jako wartościowe struktury wiodące w projektowaniu nowych leków przeciwnowotworowych oraz dostarczając istotnych informacji na temat zależności struktura–aktywność.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu Future Lab PK 155. SALIC-FIGHT: innowacyjne pochodne salicylamidu w walce z lekoopornym rakiem piersi.

[1] O'Callaghan L.A. et al. *Pharmacol. Res. Perspect.* 2025, **13**, e70076.
[2] Ambrosio M.R. et al. *BMC Cancer* 2022, **22**, 171

Kompleksy irydu(III) z ligandami kumarynowymi jako generatory tlenu singletowego w terapii fotodynamicznej

Kamil Pulit[1], *Filip Petko*[1,2], *Andrzej Świeży*[1,2,3], *Patryk Szymaszek*[1], *Mariusz Galek*[2], *Myong Joon Oh*[1], *Ireneusz Kownacki*[4,5], *Tomasz Pędziński*[4], *Joanna Ortyl*[1,2,6]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Photo HiTech Sp. z o. o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków

[3] Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

[4] Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań

[5] Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Centrum Zaawansowanych Technologii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 10, 61-614 Poznań

[6] Photo4Chem Sp. z o. o., ul. Juliusza Lea 114, 31-133 Kraków

e-mail: kamil.pulit@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Terapia fotodynamiczna (PDT) stanowi obiecującą metodę leczenia chorób nowotworowych, wykorzystującą fotouczulacze zdolne do generowania reaktywnych form tlenu (ROS) pod wpływem promieniowania o określonej długości fali [1]. Szczególne zainteresowanie wzbudzają kompleksy irydu(III), które dzięki korzystnym właściwościom fotofizycznym, długim czasom życia stanów wzbudzonych oraz możliwości modyfikacji strukturalnej stanowią potencjalną alternatywę dla konwencjonalnych fotosensybilizatorów [2].

Celem badań była ocena zdolności nowych kompleksów irydu(III), zawierających ligandy oparte na pochodnych kumaryny, do fotosensybilizowanego generowania tlenu singletowego ($^1O_2$), będącego jednym z kluczowych czynników cytotoksycznych w PDT. Przeprowadzono charakterystykę spektroskopową otrzymanych związków, wykorzystując spektroskopię absorpcyjną UV-Vis oraz techniki czasowo-rozdzielcze, w tym nanosekundową fotolizę błyskową (nsLFP). Analiza kinetyki zaniku stanów wzbudzonych w warunkach odtlenionych i natlenionych umożliwiła określenie wpływu tlenu molekularnego na dynamikę procesów fotofizycznych. Zdolność kompleksów do generowania $^1O_2$ zweryfikowano poprzez bezpośrednią detekcję jego charakterystycznej fosforescencji w obszarze bliskiej podczerwieni przy 1270 nm.

Uzyskane wyniki potwierdziły zdolność badanych kompleksów do wytwarzania tlenu singletowego oraz wykazały wpływ struktury ligandów kumarynowych na ich właściwości fotofizyczne. Obserwowane różnice wskazują na możliwość projektowania nowych układów o kontrolowanej aktywności fotodynamicznej. Otrzymane związki stanowią obiecującą grupę kandydatów do dalszych badań nad nowoczesnymi fotosensybilizatorami dla terapii fotodynamicznej.

Badania finansowane w ramach konkursu nr 2024/ABM/03/KPO/ nr projektu KPOD.07.07-IW.07-0125/24 pt.: „Luminescencyjne teranostyczne związki o działaniu przeciwnowotworowym, czyli połączenie terapii fotodynamicznej i diagnostyki poprzez obrazowanie w jednej cząsteczce oraz opracowanie drukowanych 3D miejscowych systemów mikroigłowych celem zapewnienia precyzyjnej zindywidualizowanej terapii onkologicznej" z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności, będącego elementem Inwestycji D3.1.1 Kompleksowy rozwój badań w zakresie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, projekt finansowany ze środków Agencji Badań Medycznych oraz w ramach 7. edycji Konkursu na Projekty Studenckie FutureLab Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, numer studenckiej grupy projektowej 154/2026.

[1] Agostinis, P. et al., *CA: a cancer journal for clinicians*, **2011**, *61*(4), 250–281.
[2] Ashen-Garry, D. et al., *Photochemistry and photobiology*, **2014**, 90(2), 257-274.

Pochodne 1,3,5-triazyny z podstawnikami chinazolinowymi i tryptaminowymi jako potencjalne inhibitory EGFR w terapii niedrobnokomórkowego raka płuca

Natalia Bosak[1], *Anna K. Drabczyk*[1], *Damian Kułaga*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: *natalia.bosak54@student.pk.edu.pl*

Streszczenie:

Niedrobnokomórkowy rak płuca (NSCLC) stanowi poważne globalne wyzwanie zdrowotne i należy do głównych przyczyn zgonów związanych z chorobami nowotworowymi [1,2]. Odkrycie mutacji aktywujących w genie kodującym receptor naskórkowego czynnika wzrostu (EGFR), w tym substytucji L858R, umożliwiło rozwój terapii celowanych u pacjentów z NSCLC [1]. Skuteczność inhibitorów kinazy tyrozynowej EGFR (TKI) może jednak ulegać ograniczeniu w wyniku rozwoju oporności nabytej. Jednym z jej głównych mechanizmów jest mutacja T790M, pojawiająca się po leczeniu inhibitorami pierwszej i drugiej generacji [1]. Z kolei mutacja C797S może prowadzić do oporności na inhibitory trzeciej generacji, uniemożliwiając utworzenie wiązania kowalencyjnego z EGFR [3]. W związku z tym istotnym kierunkiem badań jest opracowanie inhibitorów niekowalencyjnych, które mogłyby być skuteczne wobec zmutowanych wariantów EGFR odpowiedzialnych za rozwój oporności na dostępne terapie [3,4].

Celem projektu jest synteza nowych niekowalencyjnych inhibitorów EGFR ukierunkowanych na warianty receptora zawierające mutacje L858R/T790M oraz L858R/T790M/C797S. Dobór badanych struktur oparto na wcześniejszym projektowaniu i ocenie z wykorzystaniem modelowania molekularnego. Na tej podstawie wytypowano i zsyntetyzowano pochodne 1,3,5-triazyny zawierające podstawniki będące pochodnymi chinazoliny lub tryptaminy. Następnie oceniono potencjał związków jako kandydatów na leki do podawania doustnego na podstawie analizy *in silico* parametrów ADME. W dalszych badaniach związki zostaną poddane testom z wykorzystaniem zmutowanych wariantów EGFR oraz badaniom komórkowym obejmującym ocenę cytotoksyczności i wybranych parametrów funkcjonalnych komórek. Ponadto przeprowadzona zostanie analiza wybranych parametrów ADME-Tox. Uzyskane wyniki pozwolą ocenić potencjał zsyntetyzowanych pochodnych jako kandydatów na niekowalencyjne inhibitory zmutowanych wariantów EGFR oraz wyznaczyć kierunki ich dalszej optymalizacji.

Badania przeprowadzono w ramach projektu „Nowe niekowalencyjne inhibitory EGFR: droga do pokonania oporności w leczeniu niedrobnokomórkowego raka płuca”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje – edycja 6” (projekt nr SKN/SP/657697/2026).

[1] Proto, C. *et al., Tumori*, **2017**, 103, 325–337.
[2] Zhang, Y.L. *et al., Oncotarget*, **2016**, 7, 78985–78993.
[3] Gao, C. *et al., Eur. J. Med. Chem.*, **2025**, 292, 117677.
[4] Karnik, K.S. *et al., Bioorg. Chem.*, **2021**, 107, 104612.

Projektowanie ligandów allosterycznych receptora 5-HT$_{5A}$

Natalia Kozień[1], *Przemysław Zaręba*[2]

[1] Szkoła Doktorska PK, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Katedra Technologii Chemicznej i Analityki Środowiskowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: natalia.kozien@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Receptory serotoninowe stanowią istotną grupę celów dla projektowania nowych leków, jednak potencjał terapeutyczny receptora 5-HT$_{5A}$ pozostaje nadal stosunkowo słabo poznany [1]. Alternatywą dla klasycznego oddziaływania z miejscem ortosterycznym jest wykorzystanie mechanizmu allosterycznego, umożliwiającego modulację aktywności receptora poprzez miejsca zlokalizowane poza główną kieszenią wiążącą [2]. Celem badań było zidentyfikowanie potencjalnych ligandów allosterycznych receptora 5-HT$_{5A}$ oraz ocena ich zdolności do stabilnego oddziaływania z wewnątrzkomórkowym obszarem receptora związanym z procesem sprzęgania z białkiem G [3].

W badaniach wykorzystano strukturę krystaliczną nieaktywnego receptora 5-HT$_{5A}$ w kompleksie z AS2674723 (PDB: 7UM4) [4]. Analiza powierzchni receptora pozwoliła wskazać pięć potencjalnych miejsc wiążących, spośród których wybrano kieszeń cytoplazmatyczną utworzoną przez obszary TM3, TM6 i TM7, obejmującą m.in. reszty $R^{3.50}$ i $R^{4.38}$. Wirtualny przesiew biblioteki około 10 000 związków z bazy ChEMBL, po zastosowaniu filtrów właściwości typu drug-like i reguły Lipińskiego, doprowadził do wyłonienia czterech najbardziej obiecujących kandydatów.

Stabilność kompleksów oceniono na podstawie 100-nanosekundowych symulacji dynamiki molekularnej. Analiza RMSD wykazała zachowanie stabilnej konformacji ligandów w obrębie kieszeni wiążącej, a analiza oddziaływań potwierdziła utrzymywanie kontaktów z $R^{3.50}$ i $R^{4.38}$. Dodatkowo analiza energii oddziaływań metodą FMO wskazała $R^{4.38}$ jako kluczową resztę stabilizującą badane kompleksy, podczas gdy znaczenie $R^{3.50}$ zależało od struktury ligandu. Najkorzystniejszy profil uzyskano dla związku B, który wykazał stabilność w symulacji MD oraz korzystne oddziaływania energetyczne z analizowanymi resztami. Wyniki wskazują na potencjał wewnątrzkomórkowej kieszeni 5-HT$_{5A}$ jako miejsca działania nowych modulatorów allosterycznych oraz wyznaczają związek B jako obiecujący punkt wyjścia do dalszej optymalizacji i walidacji eksperymentalnej.

Badania zostały wykonane w ramach projektu „Opracowanie wewnątrzkomórkowych modulatorów interakcji 5-HT5A–Gi w roli innowacyjnych inhibitorów pro-nowotworowej sygnalizacji GPCR” UMO-2025/59/D/ST5/02287, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w programie SONATA 21.

[1] Thomas, D. R., *Pharmacology & Therapeutics*, **2006**, 111, 707–714.
[2] Nussinov, R., Tsai, C.-J., *Current Pharmaceutical Design*, **2012**, 18, 1311–1316.
[3] Tan, Y. et al., *Cell Discovery*, **2022**, 8, 50.
[4] Zhang, S. et al., *Nature Structural & Molecular Biology*, **2022**, 29, 677–687.

Synteza i optymalizacja otrzymywania nowych pochodnych 5-cyjanoindolu o potencjalnym działaniu przeciwdepresyjnym jako ligandów receptorów D_2 i 5-HT_{1A}

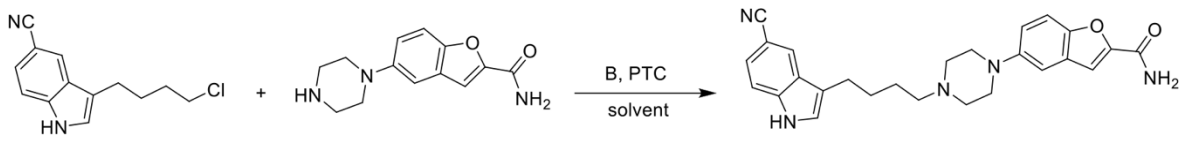
Karina Pakosz[1], *Anna K. Drabczyk*[1], *Jolanta Jaśkowska*[1], *Damian Kułaga*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

e-mail: karina.pakosz@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Depresja jest zaburzeniem o złożonym podłożu neurobiologicznym, dlatego poszukiwanie nowych związków o wielokierunkowym mechanizmie działania stanowi istotny obszar badań nad potencjalnymi lekami przeciwdepresyjnymi. Szczególne znaczenie przypisuje się modulacji przekaźnictwa serotoninergicznego i dopaminergicznego, w tym oddziaływaniom na receptory 5-HT_{1A} i D_2. Przykładem leku wykorzystującego mechanizm serotoninergiczny jest wilazodon, łączący hamowanie wychwytu zwrotnego serotoniny z częściowym agonizmem wobec receptora 5-HT_{1A}. Wykorzystanie jego struktury jako punktu wyjścia umożliwia projektowanie nowych pochodnych, których aktywność można rozszerzyć o antagonizm wobec receptora dopaminowego D_2 [1–3]. Celem pracy było otrzymanie nowych pochodnych 5-cyjanoindolu oraz opracowanie i optymalizacja warunków ich syntezy, z uwzględnieniem możliwości zastosowania zasad zielonej chemii.



Rysunek 1. Reakcja otrzymywania wilazodonu.

W ramach realizacji założonego celu opracowano i zoptymalizowano metodę syntezy nowych pochodnych 5-cyjanoindolu, wykorzystującą promieniowanie mikrofalowe. Zastosowanie wody jako jedynego rozpuszczalnika reakcji, $KHCO_3$ jako zasady oraz bromku tetrabutyloamoniowego (TBAB) jako katalizatora umożliwiło efektywne przeprowadzenie reakcji N-alkilacji w krótkim czasie. W zoptymalizowanych warunkach otrzymano serię pochodnych z wydajnościami 42–66%. Tożsamość otrzymanych związków oraz ich czystość oceniono z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z wysokorozdzielczą spektrometrią mas (UPLC-HRMS), uzyskując związki o wysokiej czystości. Następnie przeprowadzono ocenę ich powinowactwa do receptorów serotoninowych, w tym 5-HT_{1A}, oraz receptora dopaminowego D_2. Dla wybranych pochodnych wykonano również badania funkcjonalne, które potwierdziły agonistyczne działanie wobec receptora 5-HT_{1A} i antagonistyczne wobec D_2. Uzyskane wyniki wskazują, że opracowana procedura stanowi efektywną i bardziej przyjazną środowisku metodę syntezy, a otrzymane związki stanowią interesującą grupę ligandów o potencjalnym zastosowaniu w badaniach nad nowymi lekami przeciwdepresyjnymi.

[1] Cui, L. et al., Signal Transduction and Targeted Therapy, **2024**, 9, 74.
[2] Etievant, A. et al., The Open Neuropsychopharmacology Journal, **2010**, 3, 1–12.
[3] Heinrich, T. et al., Journal of Medicinal Chemistry, **2004**, 47, 4684–4692.3

Synteza i ocena aktywności biologicznej nowych pochodnych 1,3,5-triazyn jako potencjalnych inhibitorów PIKfyve

Magda Ptaszkiewicz[1], *Damian Kułaga*[1]

[1] Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej,
Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: magda.ptaszkiewicz@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Kinaza lipidowa PIKfyve odgrywa kluczową rolę w regulacji procesów zachodzących w endosomach i lizosomach poprzez katalizowanie przemiany fosfatydyloinozytolu 3-fosforanu do fosfatydylo-inozytolu 3,5-bisfosforanu [1]. Zaburzenie jej aktywności prowadzi do wakuolizacji i stresu lizosomalnego, co może skutkować śmiercią komórki. Z tego względu PIKfyve stanowi obiecujący cel molekularny w poszukiwaniu nowych leków przeciwnowotworowych [2-3].

Celem badań było opracowanie nowych pochodnych 1,3,5-triazyny opartych na strukturze inhibitora PIKfyve DK-AT390HCl, ze szczególnym uwzględnieniem poprawy ich właściwości fizykochemicznych i zachowania aktywności biologicznej. Zaprojektowano i otrzymano sześć analogów zawierających fragmenty morfoliny i tryptaminy, różniących się charakterem podstawników. Syntezę prowadzono metodami konwencjonalnymi oraz z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego, wpisując się w założenia zielonej chemii.

Otrzymane związki poddano analizie właściwości ADME *in silico*, badaniom rozpuszczalności kinetycznej oraz ocenie aktywności biologicznej. Większość pochodnych spełniała kryteria reguły pięciu Lipinskiego i reguły Vebera, a modyfikacje strukturalne pozwoliły na poprawę rozpuszczalności części analogów względem związku wiodącego. W badaniach *in vitro*, przeprowadzonych metodą MTS na mysiej linii komórkowej raka okrężnicy CT26, otrzymane związki wykazały aktywność antyproliferacyjną. Ponadto wybrane pochodne wykazały wysoką aktywność hamującą PIKfyve, osiągając niemal całkowite zahamowanie aktywności kinazy przy stężeniu 1 μM. Uzyskane wyniki wskazują na znaczenie modyfikacji strukturalnych w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych i biologicznych pochodnych 1,3,5-triazyny oraz ich potencjał w dalszych badaniach nad inhibitorami PIKfyve.

Projekt został sfinansowany ze środków programu FutureLab PK. Projekt Nr 152: MolekuŁowczynie – w poszukiwaniu selektywnych cząsteczek-pułapek o zdolnościach inhibitujących mechanizm autofagii raka.

[1] Shisheva, A., Cell Biology International, **2008**, 32, 591-604.
[2] Sharma, G. et al., Autophagy, **2019**, 15, 1694-1718.
[3] Gayle, S. et al., Blood, **2017**, 129, 1768-1778.

Nowe inhibitory kinazy EGFR jako potencjalne związki przeciwnowotworowe w terapii niedrobnokomórkowego raka płuc

Julia Chrzan[1], *Damian Kułaga*[2], *Anna K. Drabczyk*[2], *Jolanta Jaśkowska*[2], *Paweł Śliwa*[2]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii

e-mail: julia.chrzan@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Niedrobnokomórkowy rak płuca (NDRP) stanowi istotne wyzwanie terapeutyczne, a zaburzenia sygnalizacji receptora naskórkowego czynnika wzrostu (EGFR) należą do ważnych celów terapii ukierunkowanych molekularnie. Poszukiwanie nowych struktur zdolnych do oddziaływania z kinazami białkowymi obejmuje m.in. pochodne 1,3,5-triazyny. Doniesienia literaturowe wskazują, że odpowiednio podstawione układy triazynowe, w tym hybrydy zawierające fragment indolowy, mogą wykazywać aktywność hamującą EGFR [1–3].

Celem pracy było otrzymanie i wstępna charakterystyka strukturalna nowych pochodnych 1,3,5-triazyny zawierających fragmenty morfoliny, 2-fenyloetyloaminy oraz wybranych pochodnych tryptaminy. Syntezę zaplanowano z wykorzystaniem chlorku cyjanurowego jako substratu wyjściowego, którego reaktywne atomy chloru umożliwiają stopniowe wprowadzanie podstawników aminowych. W otrzymanej serii zróżnicowano podstawienie pierścienia indolowego, uwzględniając pochodne metoksylowe i hydroksylowe. Tożsamość otrzymanych produktów potwierdzono na podstawie analizy metodami chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas wysokiej rozdzielczości (LC-HRMS) oraz spektroskopii protonowego magnetycznego rezonansu jądrowego (^{1}H NMR).

Uzyskane związki stanowią punkt wyjścia do dalszych badań zależności struktura – aktywność. W kolejnych etapach planowana jest ocena ich aktywności biologicznej, w tym potencjału hamowania EGFR i działania przeciwnowotworowego. Na obecnym etapie nie przeprowadzono badań *in vitro*, dlatego aktywność biologiczna otrzymanych pochodnych pozostaje hipotezą wymagającą weryfikacji.

Niniejsze badania przeprowadzono w ramach projektu „Nowe niekowalencyjne inhibitory EGFR: droga do pokonania oporności w leczeniu niedrobnokomórkowego raka płuca”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje – edycja 6” (projekt nr SKN/SP/657697/2026).

[1] Pathak, P. et al., *ChemMedChem*, **2021**, 16, 822-838.
[2] Raghu, M. S. et al., *New J. Chem.*, **2021**, 45, 13909-13924.
[3] Shawish, I. et al., *Front. Chem.*, **2022**, 10, 1078163.

Sesja posterowa II

BioMat & Beauty Science – Biomateriały oraz chemia i technologia kosmetyków

Green Future – GOZ, zielona chemia, kataliza, technologie energetyczne

Skład komisji:

dr inż. Dagmara Malina

dr inż. Edyta Hebda

Naturalna ochrona bez alkoholu: Ocena właściwości przeciwdrobnoustrojowych wybranych surowców pochodzenia naturalnego jako alternatywy dla alkoholu w preparatach do dezynfekcji

Weronika Zaborowska[1], *Marta Matuszewska*[1], *Anna Łętocha*[1], *Elwira Lasoń*[1], *Małgorzata Miastkowska*[1]

[1]*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków*

e-mail: w.zaborowska@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Preparaty do dezynfekcji skóry stanowią kluczowy element profilaktyki zakażeń oraz codziennej higieny. Pomimo dominującej pozycji produktów opartych na alkoholu etylowym i izopropylowym, rośnie zainteresowanie preparatami bezalkoholowymi jako łagodniejszą alternatywą dla skóry. Częste stosowanie środków alkoholowych prowadzi do naruszenia bariery naskórkowej, podrażnień i przesuszenia, co skłania do poszukiwania bezpieczniejszych, alternatywnych substancji przeciwdrobnoustrojowych. W tym kontekście kluczowym wyzwaniem współczesnej kosmetologii i preparatyki stało się wykorzystanie naturalnych surowców roślinnych o dużym potencjale biologicznym.

Celem pracy była teoretyczna analiza oraz przegląd literaturowy potencjału przeciwdrobnoustrojowego wybranych surowców pochodzenia naturalnego pod kątem ich możliwości zastosowania jako substancji aktywnych w bezalkoholowych preparatach do dezynfekcji. Ponadto przeprowadzono wstępne badania mikrobiologiczne oceniające działanie bakterio- i grzybobójcze wybranych substancji aktywnych.

Praca opierała się na przeglądzie i analizie dostępnej literatury naukowej dotyczącej aktywności biologicznej wybranych surowców roślinnych i związków aktywnych: tymochinonu, oleju z czarnuszki (*Nigella sativa*), ekstraktu z dziewanny (*Verbascum* L.), ekstraktu z cynowodu chińskiego (*Coptis chinensis*) i chlorowodorku berberyny.

W celu oceny aktywności bakteriobójczej i grzybobójczej przeprowadzono badania mikrobiologiczne *in vitro* wobec wybranych patogenów skóry, min. *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Cutibacterium acnes*, *Candida albicans* oraz *Trichophyton rubrum*. Badania obejmowały oznaczenie minimalnego stężenia hamującego (MIC) oraz minimalnego stężenia bójczego (MBC/MFC) metodą mikrorozcieńczeń,

Przegląd literatury wskazuje na potencjał wybranych surowców pochodzenia naturalnego jako składników aktywnych bezalkoholowych preparatów o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Prowadzone badania mikrobiologiczne pozwoliły na weryfikację ich aktywności bakterio- i grzybobójczej oraz ocenę możliwości wykorzystania w opracowywaniu alternatywnych formulacji do dezynfekcji skóry.

Badania realizowane w ramach 7 edycji projektu FutureLab PK 2025/2026.

Naturalne biofermenty z *Pimenta dioica*, *Myrtus communis* i *Syzygium aromaticum* otrzymane przy udziale drożdży szlachetnych jako innowacyjne składniki formulacji kosmetycznych

Natalia Brzózka[1], *Magdalena Malinowska*[1]

[1] Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: natalia.brzozka@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Zyskującym na znaczeniu segmentem substratów kosmetycznych są biofermenty, powstające w wyniku fermentacji naturalnych materiałów z zastosowaniem mikroorganizmów. Podczas fermentacji zaawansowane struktury związków chemicznych zostają, dzięki enzymom wytwarzanym przez mikroorganizmy, zmodyfikowane do związków o prostszej strukturze, co umożliwia lepsze wchłanianie przez skórę, zwiększenie biokompatybilności i biodostępności [1]. Do tego segmentu możemy zaliczyć fermentowane ekstrakty roślinne. Celem wykonanej pracy było otrzymanie fermentów z *Pimenta dioica, Myrtus communis* i *Syzygium aromaticum* z wykorzystaniem drożdży szlachetnych oraz ocena ich właściwości antyoksydacyjnych i przydatności jako składników aktywnych w formulacji żelowej. Wykonano nastaw fermentacyjny poprzez wprowadzenie drożdży, *Saccharomyces Cerevisiae* oraz surowca roślinnego, uprzednio rozdrobnionego w moździerzu. Po procesie fermentacji przeprowadzono dwustopniową filtrację. Otrzymany przesącz zagęszczono z i zliofilizowano. Ocenę właściwości antyoksydacyjnych wykonano poprzez przeprowadzenie testów DPPH i ABTS. Otrzymane suche fermentowane ekstrakty wprowadzono następnie do preparatów kosmetycznych w formie żelu. Ocenę stabilności i właściwości fizykochemicznych otrzymanych produktów wykonano poprzez przeprowadzenie testów stabilnościowych i badań reologicznych oraz pomiar parametrów fizykochemicznych. Kompleksowa ocena właściwości otrzymanych ekstraktów fermentowanych pozwoliła na określenie ich stabilności oraz przydatności jako innowacyjnych składników aktywnych w nowoczesnych formulacjach żelowych.

[1] M. Klimek-Szczykutowicz, E.M. Błońska-Sikora, K. Kulik-Siarek, A. Zhussupova, M. Wrzosek, „Bioferments and Biosurfactants as New Products with Potential Use in the Cosmetic Industry”, *Applied Sciences*, t. 14, nr 9, art. nr 3902, maj 2024, doi: 10.3390/app14093902.

Mikroigły jako składnik produktów przeciwstarzeniowych

Maja Komorowska[1], *Agnieszka Kulawik-Pióro*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: maja.komorowska@student.pk.edu.pl

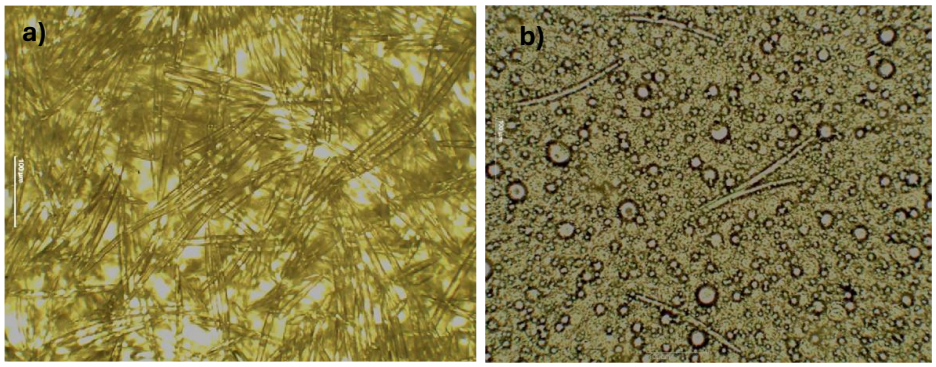
Streszczenie:

Postępujące starzenie się skóry i towarzyszące mu zmiany estetyczne przekładają się na rosnące zainteresowanie kosmetykami przeciwstarzeniowymi. Jednym z innowacyjnych rozwiązań stosowanych w tego typu produktach są mikroigły, które stanowią mikrostruktury igłowe wspomagające transport substancji aktywnych w głąb warstwy rogowej skóry [1].

Celem pracy było wytworzenie emulsji typu O/W zawierających mikroigły (0,2-1,0% mas.) oraz ekstrakty z grzyba Reishi, Centelli oraz lipofilową pochodną witaminy C, a także ocena ich właściwości fizykochemicznych i reologicznych.

Mikroigły użyte w formulacjach stanowiły naturalne struktury krzemionkowe wyizolowane z gąbki słodkowodnej *Spongilla lacustris* (INCI: *Hydrolyzed Sponge*). Obecność SiO_2 w składzie mikroigieł potwierdzono analizą EDS. Czyste mikroigły charakteryzowały się średnią długością 191,58 µm, szerokością 11,23 µm i współczynnikiem AB równym 17,56. Po ich wprowadzeniu do emulsji parametry te wynosiły odpowiednio 173,61-195,04 µm, 9,75-11,23 µm oraz 16,97-19,74. Brak znaczących zmian parametrów geometrycznych względem czystego surowca dowodzi odporności mikroigieł na degradację mechaniczną w opracowanym procesie technologicznym.

W badaniach właściwości reologicznych wykazano, że wszystkie otrzymane kremy były cieczami nienewtonowskimi rozrzedzanymi ścinaniem. Dodatek samych mikroigieł do receptury w niewielkim stopniu modyfikował lepkość emulsji (1,90 Pa·s) utrzymując ją na poziomie 1,79-1,93 Pa·s. Próbki z dodatkiem zarówno mikroigieł, jak i ekstraktów charakteryzowały się wyższą lepkością osiągającą wartość do 5,22 Pa·s oraz większymi wartościami naprężenia stycznego i granic płynięcia. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie mikroigieł w emulsjach typu O/W pozwala na ich wprowadzenie bez istotnych zmian ich parametrów geometrycznych, przy jednoczesnym zachowaniu korzystnych właściwości reologicznych otrzymanych kosmetyków. Potwierdza to wysoki potencjał aplikacyjny badanych układów jako formulacji przeciwstarzeniowych.



Rysunek 1 - Zdjęcia mikroskopowe próbek a) Mikroigły b) Emulsja O/W zawierająca 0,55% mikroigieł

[1] Peng, Y. et al., *Journal of Cosmetic Dermatology*, **2025**, 24(10): e70514. doi: 10.1111/jocd.70514

Vaccinium oxycoccos jako źródło naturalnych inhibitorów melanogenezy - analiza fitochemiczna i ocena biologiczna

Natalia Dycha[1,2], *Nataliia Kosheva*[1,2], *Sławomir Dresler*[3], *Dimitris Michailidis*[4], *Maria Halabalaki*[5], *Anna Wawruszak*[6], *Wirginia Kukuła-Koch*[1]

[1] Katedra Farmakognozji z Ogrodem Roślin Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

[2] Szkoła Doktorska, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

[3]Katedra Fizjologii Roślin i Biofizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin

[4]Pharmagnose S.A., Eubea, Grecja.

[5]Zakład Farmakognozji i Chemii Produktów Naturalnych, Wydział Farmacji, Narodowy Uniwersytet im. Kapodistriasa, Ateny, Grecja.

[6]Zakład Biologii i Biochemii Molekularnej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

e-mail: d.nataliadycha@umlub.edu.pl

Streszczenie:

Żurawina błotna (Vaccinium oxycoccos) należy do rodziny wrzosowatych (Ericaceae). Według danych literaturowych od wieków jest wykorzystywana w medycynie tradycyjnej ze względu na przypisywane jej właściwości prozdrowotne, w tym wspomaganie profilaktyki zakażeń układu moczowego i próchnicy zębów, a także potencjalny korzystny wpływ na obniżenie stężenia cholesterolu we krwi [1].

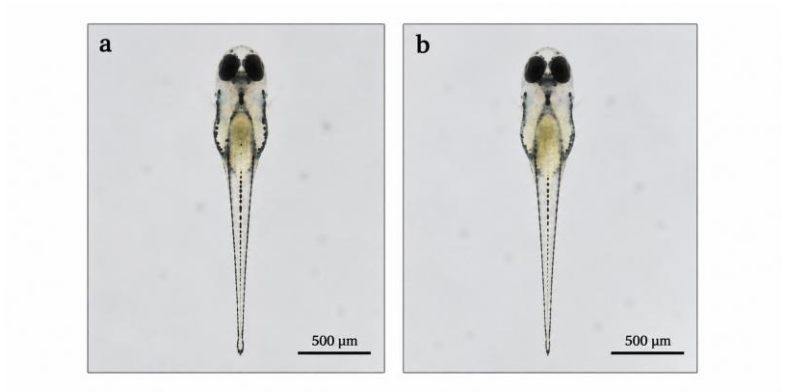
Celem projektu było opracowanie i optymalizacja procesu ekstrakcji umożliwiającego efektywne pozyskiwanie związków o potencjale hamowania syntezy melaniny, które mogłyby znaleźć zastosowanie jako składniki aktywne kosmetyków rozjaśniających skórę [2,3].

W badaniach porównano różne techniki ekstrakcji, obejmujące metody tradycyjne, takie jak maceracja i ekstrakcja w aparacie Soxhleta, oraz metody wspomagane, w tym ekstrakcję ultradźwiękową (UAE) i mikrofalową (MAE). Oceniono również wpływ polarności zastosowanego rozpuszczalnika na efektywność procesu ekstrakcji.

Profil chemiczny otrzymanych ekstraktów scharakteryzowano z wykorzystaniem techniki HPLC-ESI-Q-TOF-MS, która umożliwiła wstępną identyfikację ponad 20 związków należących do różnych klas metabolitów wtórnych, w tym kwasów fenolowych i organicznych, proantocyjanidyn, flawonoidów oraz ich glikozydów.

Aktywność rozjaśniającą ekstraktów oceniono metodami spektrofotometrycznymi, natomiast związki potencjalnie odpowiedzialne za obserwowany efekt biologiczny badano z wykorzystaniem technik biochromatograficznych. Potencjał rozjaśniający oraz toksyczność najbardziej obiecującego ekstraktu oceniono następnie z zastosowaniem modelu danio pręgowanego (Danio rerio).

Uzyskane wyniki wskazują, że Vaccinium oxycoccos stanowi źródło związków o potencjalnym działaniu hamującym melanogenezę. Otrzymane rezultaty podkreślają możliwość dalszego badania tych związków pod kątem ich zastosowania jako naturalnych składników aktywnych w przemyśle kosmetycznym.



Zdjęcie 1 – larwy *Dano rerio* 5 dni po zapłodnieniu; a – kontrola; b-larwy inkubowane z ekstraktem z *Vaccinium oxycoccos* (100mg, rozcieńczenie 1:500). Skala: 500 µm.

Finansowanie: Badania zostały sfinansowane w ramach projektu GreenCosmIn nr 101131346, realizowanego w programie HORIZON-MSCA-2022-SE-01. Zastrzeżenie: Wyrażone poglądy i opinie należą wyłącznie do autora (autorów) i nie muszą odzwierciedlać stanowiska Unii Europejskiej ani Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Badań Naukowych (REA). Unia Europejska ani organ przyznający dofinansowanie nie ponoszą odpowiedzialności za te poglądy i opinie.

[1] Nemzer, B.V. et al., Molecules, 2022, 27, 1503.
[2] Kukuła-Koch, W. et al., Biomolecules, 2024, 14, 1110.
[3] Garcia Molina, P. et al., International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 267, 131513.

Porównanie testów spektrofotometrycznych i profilowania bioaktywności metodą HPLC-MS w badaniach inhibitorów tyrozynazy

Kamila Kusio-Targońska[1], *Krzysztof Kamil Wojtanowski*[1], *Nataliia Kosheva*[1], *Katarzyna Gaweł-Bęben*[2], *Dimitris Beis*[3], *Wirginia Kukuła-Koch*[1]

[1] Katedra Farmakognozji z Ogrodem Roślin Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, ul. Chodźki 1, 20-093 Lublin, Polska

[2] Zakład Kosmetologii, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, ul. Sucharskiego 2, 35-225 Rzeszów, Polska

[3] Laboratorium Chemii Biologicznej, Wydział Medyczny, Uniwersytet w Janinie, 45110 Janina, Grecja

e-mail: d.kamilakusio-targonska@umlub.edu.pl

Streszczenie:

Opracowanie skutecznych strategii analitycznych do przesiewowej identyfikacji inhibitorów tyrozynazy pozostaje ważnym wyzwaniem w badaniach produktów naturalnych i kosmetologii. Powszechnie stosowane testy spektrofotometryczne pozwalają ocenić ogólną aktywność hamującą złożonych mieszanin, jednak nie umożliwiają określenia udziału poszczególnych składników w obserwowanym efekcie.

Celem pracy było porównanie metod spektrofotometrycznych i testów bioaktywności opartych na HPLC-MS pod względem zakresu uzyskiwanych informacji oraz efektywności analitycznej. Klasyczne oznaczenia spektrofotometryczne, wykorzystujące utlenianie L-DOPA i pomiar absorbancji, pozwalają na szybkie badanie wielu próbek, ale wymagają znacznego zużycia odczynników i enzymu oraz nie zapewniają identyfikacji aktywności na poziomie pojedynczych związków.

W celu przezwyciężenia tych ograniczeń zastosowano dwie strategie chromatograficzne. W testach przedkolumnowych HPLC-MS monitorowano zmiany profili chromatograficznych po inkubacji próbek z tyrozynazą. Osłabienie sygnałów umożliwiało wykrywanie oddziaływań ligand–enzym i ułatwiało przypisanie aktywności określonym składnikom. Uzupełniająco wykorzystano testy bioaktywności HPLC-MS z reaktorem on-line, w którym eluat chromatograficzny mieszano w sposób ciągły z enzymem i substratem, co umożliwiało bieżącą ocenę całkowitej aktywności hamującej rozdzielonych frakcji.

Przedstawione podejście łączy rozdzielanie składników z oceną bioaktywności na jednej platformie analitycznej, ograniczając przygotowanie próbek i zużycie rozpuszczalników. Pozwala ponadto powiązać sygnały m/z z aktywnością biologiczną, a tym samym bezpośrednio zestawić skład chemiczny z funkcją biologiczną.

Profilowanie bioaktywności z wykorzystaniem HPLC-MS stanowi zatem wartościowe rozszerzenie klasycznych oznaczeń, zapewniając większą selektywność i lepszy wgląd w mechanizm oddziaływań. Metoda może wspomagać ukierunkowane poszukiwanie inhibitorów tyrozynazy w złożonych matrycach naturalnych.

Badania sfinansowano w ramach projektu Green-CosmIn nr 101131346 (HORIZON-MSCA-2022-SE-01). Zastrzeżenie: Wyrażone poglądy i opinie należą wyłącznie do autorów i nie muszą odzwierciedlać stanowiska Unii Europejskiej ani Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Badań Naukowych (REA). Unia Europejska ani instytucja przyznająca finansowanie nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

[1] Kusio-Targońska K., Kosheva N., Wojtanowski K.K., Gaweł-Bęben K., Beis D., Kukula-Koch W. Tyrosinase Inhibitors Among Flora of Lubelskie Region—Application of Bio-Chromatographic Approach and Zebrafish Model in Bioactivity Screening of Plant Material. Molecules. **2025**;30(9):1979.

Potencjał antyoksydacyjny znamion kukurydzy (*Stigma maydis*) jako odpadu rolniczego i surowca do opracowania formulacji preparatów do pielęgnacji stopy cukrzycowej

Eliza Wargala[1]*, Elżbieta Adamska*[1]*, Agata Kowalska*[1]*, Iwona Dąbkowska*[1]*, Beata Grobelna*[1]

[1] Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, Wita Stwosza 63, 80-308, Gdańsk, Polska

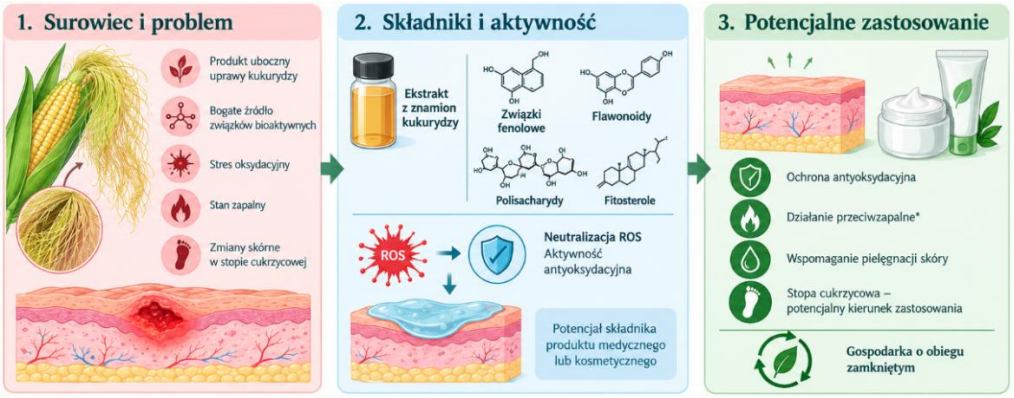
e-mail : eliza.wargala@phdstud.ug.edu.pl

Streszczenie:

Stigma maydis to nitkowate, wydłużone znamiona słupków kwiatów żeńskich kukurydzy zwyczajnej (*Zea mays* L., rodzina Poaceae), potocznie określane jako „włosy kukurydzy" (corn silk). Osiągają długość około 10–20 cm, a ich barwa zmienia się od jasnozielonej do żółtobrązowej. Znamiona kukurydzy powstają jako produkt uboczny uprawy kukurydzy i są generowane w znacznych ilościach, często bez dalszego wykorzystania. Jednocześnie od wieków znajdują zastosowanie w medycynie tradycyjnej w wielu regionach świata, m.in. w Chinach, Turcji, Stanach Zjednoczonych i Francji [1].

Celem pracy było scharakteryzowanie potencjału biologicznego znamion kukurydzy ze szczególnym uwzględnieniem zawartości związków fenolowych oraz aktywności antyoksydacyjnej ich ekstraktów. Analiza dostępnej literatury wskazuje, że znamiona kukurydzy zawierają liczne związki bioaktywne, w tym kwasy fenolowe, flawonoidy, polisacharydy i fitosterole, które mogą odpowiadać za ich właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne [2]. W ramach badań oznaczono całkowitą zawartość związków fenolowych metodą Folina-Ciocalteu oraz oceniono aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z wykorzystaniem testu DPPH. Obecność związków fenolowych, w tym flawonoidów, może mieć istotne znaczenie dla zdolności ekstraktów do neutralizacji reaktywnych form tlenu oraz ograniczania procesów oksydacyjnych [3].

Wykorzystanie znamion kukurydzy jako źródła związków bioaktywnych wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym. Ze względu na właściwości antyoksydacyjne oraz obecność bioaktywnych składników, ekstrakty *Stigma maydis* mogą stanowić interesujący surowiec do dalszych badań nad opracowaniem formulacji produktów przeznaczonych do profilaktyki i pielęgnacji skóry stopy cukrzycowej.



Rysunek 1 - Potencjał znamion kukurydzy jako źródła związków bioaktywnych o aktywności antyoksydacyjnej oraz możliwości ich wykorzystania w produktach do pielęgnacji skóry.

Dziękujemy Uniwersytetowi Gdańskiemu za sfinansowanie badań w ramach Badań Młodych Naukowców (nr BMN 539-T050-B258-26).

[1] J. Xu i Y. Lu, *Arabian Jurnal of Chemistry*, **2025**, 18, 1-9.
[2] R. Yucharoen , et al., *Antibiotics*, **2023**,12, 1443-1456.
[3] U. Khan, et al., *Journal of Food Science*, **2023**, 88, 3341-3356.

Charakterystyka wybranych właściwości biowęgli wytworzonych z odpadów roślinnych oraz ocena ich zdolności sorpcyjnych względem jonów Cr(III) w środowisku wodnym

Aleksandra Mroczek[1], *Jakub Mokrzycki*[1]

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Energetyki i Paliw, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska

e-mail: amroczek@student.agh.edu.pl

Streszczenie:

Biowęgle są materiałami stałymi, które można otrzymać w procesie pirolizy biomasy, w warunkach ograniczonego dostępu tlenu i zakresie temperatur 300-1000 °C [1]. Charakteryzują się wysoką zawartością węgla, rozwiniętą strukturą porowatą i powierzchnią właściwą do kilkuset m^2 g^{-1}. Mogą być wykorzystywane do usuwania zanieczyszczeń z roztworów wodnych, ścieków komunalnych i przemysłowych [2].

Obecność jonów metali ciężkich w wodach i glebach jest jednym z kluczowych zagrożeń środowiskowych. Poszukuje się sposobów na ich usuwanie w sposób efektywny i ekologiczny. Jony chromu (zarówno na III jak i VI stopniu utlenienia) w wodach pochodzą głównie z zakładów przetwórstwa metali, produkcji energii, a także galwanotechniki, czy garbarstwa. Szczególnie niebezpieczne są jony Cr(VI), które wpływają negatywnie na zdrowie, powodując uszkodzenia układu oddechowego i pokarmowego, zmiany skórne, mogą być również kancerogenne [3]. Będące około 300-krotnie mniej toksyczne jony Cr(III) muszą również podlegać monitoringowi ze względu na ryzyko ich utlenienia się do szkodliwych jonów Cr(VI).

Niniejsze badania wykonano w celu oceny właściwości fizykochemicznych oraz zdolności sorpcyjnych usuwania jonów Cr(III) z roztworów wodnych z użyciem biowęgli wytworzonych z odpadów roślinnych. Otrzymano je w procesie pirolizy konwencjonalnej w temperaturze 500 °C i czasie przebywania 1 h. Wykorzystano pestki brzoskwini, śliwek oraz łupiny orzecha laskowego. Wykonano analizę techniczną otrzymanych materiałów, obejmującą zawartości wilgoci, części lotnych i popiołu oraz ciepło spalania. Za pomocą metody spektrofotometrycznej UV-Vis oznaczono stężenie jonów Cr(III) w roztworze po adsorpcji „single-point" po czasie 24 h mieszania przy dozie 1 g L^{-1} i początkowym stężeniu Cr(III) wynoszącym 100 mg L^{-1} (pH = 5,00). Aby ocenić charakter powierzchni materiałów w zależności od pH środowiska, wyznaczono punkt zerowego ładunku powierzchni – pHpzc.

Wyniki analiz służą porównaniu właściwości sorbentów uzyskanych z różnych bioodpadów oraz ocenie ich efektywności w usuwaniu zanieczyszczeń metalami ciężkimi z roztworów wodnych. Badane materiały mogą stanowić alternatywne sorbenty do oczyszczania wód i gleb, dzięki łatwości ich pozyskiwania z odpadów, jednakże wymagają badań w celu określenia ich zdolności sorpcyjnych względem wybranych zanieczyszczeń czy możliwości ich regeneracji [4].

Autorzy pragną wyrazić wdzięczność Katedrze Technologii Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za wsparcie finansowe badań z subwencji nr. 501.00_210000_10000.

[1] Siedlecka, E., *Innowacyjne rozwiązania wytwarzania i wykorzystania biowęgla w inżynierii środowiska*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, **2025**, 231-249.
[2] Malińska, K., *Inżynieria i Ochrona Środowiska,* **2012**, 15, 4, 387-403.
[3] Pręgowska, A. et al., *INNOWACYJNA ZIELONA GOSPODARKA*, **2022**, 68-82.
[4] Cygnarowska, K., *Wykorzystanie biomateriałów odpadowych do usuwania jonów metali ciężkich z roztworów wodnych,* Politechnika Częstochowska, **2025**, 443-452.

HydroWood – naturalny filtr drewniano-diatomitowy do uzdatniania wody pitnej

Agnieszka Dudek[1], Natalia Malcherek[1], Dominika Tworzydło[1], Dagmara Wardawy[1], Maria Warych[1]

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Studenckie Koło Naukowe „Tryton”

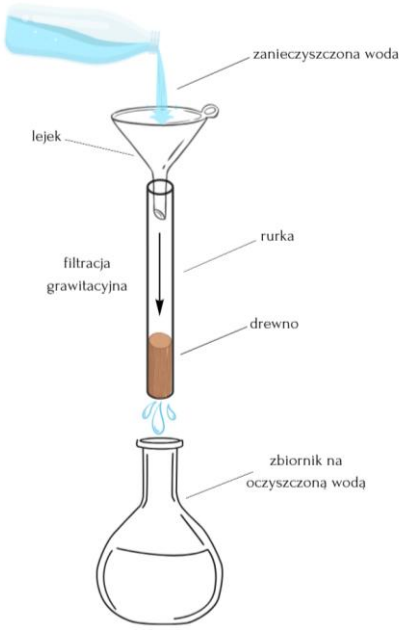
e-mail: adud@student.agh.edu.pl

Streszczenie:

Dostęp do bezpiecznej wody pitnej pozostaje poważnym wyzwaniem w wielu regionach świata, a konwencjonalne technologie uzdatniania bywają kosztowne lub wymagają zasilania energią. Celem projektu HydroWood jest opracowanie prostego, taniego filtra opartego na materiałach naturalnych. Rozwiązanie łączy biel drewna, którego cewki/naczynia i membrany jamek mogą zatrzymywać bakterie, z diatomitem, czyli wysoce porowatą skałą o właściwościach sorpcyjnych.

Przebadano biel modrzewia europejskiego (*Larix decidua*) oraz brzozy brodawkowatej (*Betula pendula*), które testowano samodzielnie oraz w układzie z diatomitem (w postaci proszku lub granulatu) i warstwą wstępnej filtracji (gąbka). Skuteczność usuwania *E. coli* oceniono metodą NPL na naturalnej wodzie z rzeki Rudawy, natomiast usuwanie jonów Pb^{2+} i F^- badano na sztucznie zanieczyszczonej wodzie wodociągowej (AAS, UV-Vis). Monitorowano również wydajność hydrauliczną układów.

Samodzielny filtr z modrzewia usunął 99,6%, a z brzozy 97,9% bakterii *E. coli*. Wszystkie badane konfiguracje zapewniały 91-93% redukcji stężenia ołowiu. Samo drewno nie wykazywało skuteczności w usuwaniu fluorków, natomiast dodatek diatomitu umożliwił ich redukcję na poziomie 84-90% (najwyższą skuteczność osiągnięto dla brzozy z diatomitem pylastym). Choć samo drewno cechowało się najwyższym początkowym strumieniem filtracji, w przypadku brzozy przepływ przez układ z wodą rzeczną spadł o ok. 95% w ciągu kilku godzin. Zaobserwowany spadek może być związany z kolmatacją układu, jednak na jego wartość mogły wpływać również inne czynniki, takie jak sposób ułożenia drewna czy warunki prowadzenia filtracji. Wyniki wskazują na potrzebę dalszej optymalizacji warstwy wstępnej filtracji.



Schemat 1 – rysunek poglądowy działania naturalnego filtra drewnianego.

Badania zrealizowano w ramach programu TURBOgrant Fundacji ORLEN. Opiekun Koła: mgr inż. Eugeniusz Świstuń.

[1] Boutilier, M. S. H., Lee, J., Chambers, V., Venkatesh, V., Karnik, R., *Water Filtration Using Plant Xylem,* **2014**
[2] Sánchez-Ferrer, A., Guerrero Parra, J., *Exploring wood as a sustainable solution for water filtration: nanoparticle removal, size exclusion and molecular adsorption,* **2024**
[3] MIT engineers make filters from tree branches to purify drinking water. Massachusetts Institute of Technology, 25 March **2021**. https://news.mit.edu/2021/filters-sapwood-purify-water-0325
[4] Chu, J. (2014). Need a water filter? Peel a tree branch. *MIT News*, 26 February **2014**. https://news.mit.edu/2014/need-a-water-filter-peel-a-tree-branch-0226

Szybciej i wydajniej – katalityczna piroliza poliolefin wspomagana promieniowaniem mikrofalowym

Ewa Biernacka[1], *Piotr Michorczyk*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: ewa.biernacka@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Katalityczna piroliza tworzyw poliolefinowych wspomagana promieniowaniem mikrofalowym (MAP) stanowi nowoczesną alternatywę dla konwencjonalnego krakingu termicznego, zapewniając szybszy, czystszy i bardziej energooszczędny przebieg procesu. Dzięki objętościowemu ogrzewaniu materiału oraz powstawaniu miejscowych obszarów o bardzo wysokiej temperaturze (tzw. *hot-spots*), metoda ta pozwala znacząco zmniejszyć temperaturę procesu i przyspieszyć rozkład polimerów, dzięki czemu zużycie energii spada o 30–50%.

W przedstawionej pracy zbadano katalityczny rozkład mikrofalowy pożytkowego polipropylenu pochodzącego z opakowań. Przedstawiono wyniki doświadczeń pokazujące, w jaki sposób stosunek masowy tworzywa do katalizatora oraz rozmieszczenie wsadu w reaktorze wpływają na ilość powstającego wodoru i skład produktów gazowych. Wykazano, że zastąpienie jednorodnej mieszaniny składników układem warstwowym (sekwencyjnym) zwiększa skuteczność rozkładu odpadowego polietylenu. Taki sposób załadunku reaktora sprzyja selektywnemu wytwarzaniu gazów bogatych w wodór. Właściwe dobranie układu warstw oraz proporcji substratu do katalizatora pozwala uniknąć tworzenia się niskocząsteczkowych wosków jako produktów ubocznych, a tym samym zwiększyć wydajność wysokiej jakości gazu syntezowego o dużej zawartości wodoru.

Podziękowania dla firmy REENERGOLOGY za dostarczenie materiału do badań.

Klucz do magazynowania wodoru - dobór aktywnego, selektywnego i stabilnego katalizatora w technologii LOHC

Wiktoria Stolarska[1], Piotr Michorczyk[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: wiktoria.stolarska@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

W obliczu globalnej transformacji energetycznej wodór staje się jednym z filarów przyszłego systemu zaopatrzenia w energię. Spośród sposobów jego przesyłu i magazynowania na szczególne zainteresowanie zasługują ciekłe organiczne nośniki wodoru (LOHC). Rozwiązanie to umożliwia łatwe i wydajne przechowywanie wodoru dzięki jego chemicznemu związaniu w cząsteczkach ciekłego nośnika. O sukcesie i rentowności instalacji LOHC na skalę przemysłową przesądza w głównej mierze właściwy dobór katalizatora.

Celem niniejszej pracy jest ocena roli, jaką katalizatory odgrywają w procesach LOHC, oraz wskazanie czynników decydujących o ich najkorzystniejszym działaniu. Szczegółowo przeanalizowano najważniejsze właściwości katalizatorów na osnowie platyny, takie jak aktywność, selektywność, stabilność w warunkach pracy oraz skłonność do zatruwania i dezaktywacji. Zbadano również, w jaki sposób rodzaj zastosowanego nośnika katalizatora oraz warunki pracy reaktora wpływają na przebieg procesu. Porównano ponadto najczęściej stosowane układy – począwszy od klasycznych katalizatorów na bazie metali szlachetnych, aż po tańsze rozwiązania na osnowie tlenków znane ze swojej aktywności w procesach odwodornienia

Przeprowadzona analiza jasno wskazuje, że odpowiedni dobór składu katalizatora determinuje jego przydatność w technologii LOHC. W cyklu odwodornienia wysoką aktywnością i selektywnością charakteryzują się układy na osnowie platyny. Przykładowo w obecności katalizatora na osnowie platyny (5% mas. Pt na Al_2O_3) w temperaturze 350℃ stopień przereagowania metylocykloheksanu przekracza 90 % przy selektywności do toluenu >99 %.

Możliwość zagospodarowania odpadowej biomasy drzewnej jako prekursorów wysokopowierzchniowych węgli aktywnych

Katarzyna Skórzak[1], *Jakub Mokrzycki*[1]

[1] Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw, al. Adama Mickiewicza 30, 30-069 Kraków, Polska

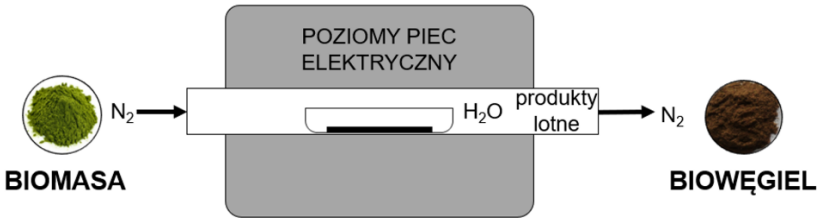
e-mail: kasiaskorzak@student.agh.edu.pl

Streszczenie:

Biowęgle to bogate w węgiel, porowate materiały wytwarzane w procesie pirolizy, czyli termicznej obróbki surowców odpadowych bez dostępu czynnika utleniającego, w zakresie temperatur 200 − 1000°C [1]. W celu zwiększenia powierzchni właściwej, objętości porów oraz liczby aktywnych grup funkcyjnych stosuje się aktywację chemiczną lub fizyczną. W celu zwiększenia właściwości sorpcyjnych biowęgle poddaje się również funkcjonalizacji, np. poprzez nadanie im właściwości magnetycznych, umożliwiających łatwe oddzielanie sorbentu po procesie oczyszczania wody [2,4].

Barwniki syntetyczne są powszechnie stosowane w wielu gałęziach przemysłu, jednak ich obecność w ściekach stanowi istotny problem środowiskowy. Jednym z najczęściej wykorzystywanych barwników jest błękit metylenowy, szeroko stosowany m.in. w przemyśle tekstylnym, papierniczym, farmaceutycznym i medycynie. Jest on powszechnie wykorzystywany jako modelowe zanieczyszczenie w badaniach nad metodami oczyszczania ścieków [3].

Celem badań było otrzymanie biowęgli z drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica L.*) oraz ocena ich właściwości fizykochemicznych i zdolności sorpcyjnych. Biowęgle wytworzono metodą konwencjonalnej pirolizy w temperaturach 400, 600 i 800°C. Część materiałów poddano aktywacji chemicznej z użyciem wodorotlenku potasu (temperatura: 800°C, stosunek KOH:biowęgiel=3:1, czas aktywacji: 1 godzina), w celu zwiększenia powierzchni właściwej i objętości porów. Dodatkowo węgle aktywne zostały zmodyfikowane przez wytworzenie nanocząstek żelaza na ich powierzchni [4]. Określono właściwości sorpcyjne otrzymanych węgli aktywnych w kierunku usuwania błękitu metylenowego z fazy wodnej.



Schemat 1 – Przykładowy schemat pirolizy biomasy.

Autorzy pragną wyrazić wdzięczność Katedrze Technologii Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za wsparcie finansowe badań z subwencji nr. 501.00_210000_10000.

[1] Retajczyk, M., Wróblewska, A., Wiadomości Chemiczne, 2018, 72, 128–146.
[2] Siedlecka, E., Innowacyjne rozwiązania wytwarzania i wykorzystania biowęgla w inżynierii środowiska, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2025, 231–249.
[3] Khan, I., Saeed, K., Zekker, I. et al., Water, 2022, 14, 242.
[4] Saini, A., Kumar, M., Bhatia, R.K. et al., Environmental Research, 2024, 258, 119528.

Wpływ struktury biopolioli na właściwości elastycznych pianek poliuretanowych

Oliwia Matysiak[1], *Elżbieta Malewska*[1], *Maria Kurańska*[1]

[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

e-mail: oliwia.matysiak@student.pk.edu.pl

Streszczenie:

Elastyczne pianki poliuretanowe z pamięcią kształtu (VPUF) wyróżniają się zdolnością do odkształcania pod wpływem nacisku i temperatury oraz stopniowego powrotu do wyjściowego kształtu po odciążeniu. Dzięki tym właściwościom są powszechnie stosowane m.in. w przemyśle meblarskim oraz sektorze medycznym. Obecne wymogi ochrony środowiska i chęć ograniczenia zużycia surowców kopalnych skłaniają do poszukiwania bardziej ekologicznych rozwiązań w technologii poliuretanów. Jednym z głównych kierunków badań jest zastępowanie tradycyjnych polioli petrochemicznych biopoliolami z surowców odnawialnych, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych parametrów użytkowych.

W ramach pracy zsyntetyzowano serię biopolioli o różnej budowie i zbadano ich wpływ na właściwości wiskoelastycznych pianek poliuretanowych. Surowcem wyjściowym był olej rzepakowy, który poddano reakcji epoksydacji, a następnie otwarcia pierścieni oksiranowych za pomocą alkoholi alifatycznych z szeregu homologicznego od propanolu do dekanolu. Otrzymane biopoliole poddano szczegółowej analizie fizykochemicznej, określając ich liczbę hydroksylową, liczbę kwasową, lepkość oraz zawartość wody. Ich strukturę chemiczną potwierdzono metodą spektroskopii w podczerwieni (FTIR) oraz chromatografii żelowej (GPC).

Zsyntetyzowane biopoliole użyto następnie w recepturze pianek wiskoelastycznych jako 20% zamiennik masowy poliolu petrochemicznego. Dla gotowych materiałów zmierzono kluczowe właściwości fizykomechaniczne, takie jak gęstość pozorna, twardość, odbojność, histereza oraz współczynnik komfortu. Strukturę pianek przeanalizowano dodatkowo za pomocą spektroskopii FTIR. Uzyskane wyniki pozwoliły określić bezpośrednią zależność pomiędzy długością łańcucha alkoholu użytego na etapie modyfikacji biopolioli a końcowymi właściwościami użytkowymi wiskoelastycznych pianek poliuretanowych.

Waloryzacja odpadów azbestowo-cementowych - wstępne badania laboratoryjne

Michał Matłosz[1], *Kinga Setlak*[2], *Martin Vavro*[3], *Leona Vavro*[3], *Marta Skiba*[1], *Paweł Baran*[1]

[1] Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

[2] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[3] Institute of Geonics Czech Academy of Sciences, Studentska 1768/9, 708 00 Ostrava-Poruba, Czech Republic

e-mail: michal.matlosz@imgpan.pl

Streszczenie:

Celem pracy była wstępna ocena możliwości wykorzystania odpadów azbestowo-cementowych w procesach syntezy materiałów zeolitowych i geopolimerowych. W badaniach nad zeolityzacją zastosowano popiół lotny oraz odpad azbestowo-cementowy jako prekursory, aktywowane roztworami NaOH. Zbadano wpływ stężenia aktywatora, składu mieszaniny prekursorów oraz czasu prowadzenia procesu w temperaturze 80°C. Otrzymane materiały i surowce wyjściowe poddano analizie dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Obecność fazy zeolitowej - garronitu-Na - stwierdzono wyłącznie w próbce otrzymanej z popiołu lotnego przy zastosowaniu roztworu NaOH o stężeniu 2 M i czasie reakcji wynoszącym 24 godziny (P1). W pozostałych wariantach nie potwierdzono powstania faz zeolitowych w zastosowanych warunkach syntezy, toteż dalszej analizie poddano wyłącznie próbkę P1. Równolegle przeprowadzono próbę otrzymania materiału geopolimerowego z wykorzystaniem odpadu azbestowo-cementowego jako prekursora oraz kwasu ortofosforowego jako aktywatora. Założeniem było doprowadzenie do przemian strukturalnych umożliwiających destrukcję fazy chryzotylowej. Analiza XRD prekursora i otrzymanego materiału wykazała jednak, że struktura chryzotylu pozostała zachowana. W konsekwencji nie kontynuowano dalszej charakterystyki tego materiału. Uzyskane wyniki mają charakter wstępny i wskazują na konieczność dalszych badań nad doborem warunków syntezy oraz oceną możliwości wykorzystania odpadów azbestowo-cementowych.

Praca sfinansowana z funduszu badań statutowych IMG PAN.

Od odpadów do paliwa przyszłości: okresowa piroliza poliolefin w układzie warstwowym

Stanislav Chekhovskyi [1,2], *Piotr Michorczyk*[1]

[1] Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków

[2] REENERGOLOGY PSA

e-mail: s.chekhovskyi@doktorant.pk.edu.pl

Streszczenie:

Rosnąca produkcja poliolefin, stanowiących ponad 50% światowego zużycia tworzyw sztucznych, generuje poważne wyzwania środowiskowe. Niewystarczający stopień recyklingu oraz krótki cykl wykorzystania wyrobów jednorazowego użytku prowadzą do masowej akumulacji odpadów w środowisku, czego drastycznym symbolem jest m.in. Wielka Pacyficzna Plama Śmieci.

Obiecującą technologią pozwalającą na zagospodarowanie części odpadów jest wspomagana mikrofalowo piroliza tworzyw sztucznych do gazu bogatego w wodór.

W poprzednich badaniach wykazano istotny wzrost wydajności wodoru w procesie ciągłym w porównaniu do metody okresowej. Zjawisko to przypisano intensyfikacji wtórnych reakcji krakingu katalitycznego.

Głównym celem przeprowadzonych badań była weryfikacja hipotezy o kluczowej roli wtórnych reakcji katalitycznych w osiąganiu wysokiej wydajności procesu. W tym celu zaprojektowano zmodyfikowany układ eksperymentalny z dodatkowym złożem katalizatora żelazowego (5%Fe/AC).

Zastosowanie strefy wtórnego rozkładu węglowodorów doprowadziło do ponad trzykrotnego wzrostu wydajności wodoru, osiągając wynik na poziomie 62,2 $mmol H_2/g_{plastic}$. Uzyskane rezultaty udowodniły, że wtórny kraking produktów pirolizy na zredukowanych formach żelaza stanowi kluczowy mechanizm decydujący o efektywności całego procesu. Zaproponowany dwustrefowy układ okresowy skutecznie symuluje warunki panujące w reaktorze ciągłym, co otwiera nowe perspektywy dla skalowania tej technologii w gospodarce obiegu zamkniętego.

Badania zostały sfinansowane przez Firmę REENERGOLOGY.

Sesja posterowa anglojęzyczna

Skład komisji:

dr hab. inż. Katarzyna Bialik-Wąs, prof. PK

dr inż. Paweł Śliwa

Cationic photoinitiators for two-photon polymerization and the fabrication of three-dimensional objects

Małgorzata Noworyta[1,2], *Amelia Rebejko*[1], *Andrzej Świeży*[3,4], *Filip Petko*[1,3], *Konrad Cyprych*[5], *Roman Popielarz*[1], *Joanna Ortyl*[1,3,6]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[3] Photo HiTech Sp. z o.o., Bobrzynskiego 14, 30-348 Cracow, Poland

[4] AGH University of Krakow, Faculty of Materials Science and Ceramics, al. Mickiewicza 30, 30-059, Cracow, Poland

[5] Wroclaw University of Technology, Faculty of Chemistry, Department of Soft Matter Optics, Wybrzeze Wyspianskiego 27, 50-370 Wroclaw, Poland

[6] Photo4Chem Sp. z o.o., Juliusza Lea 114 / 416A, 416B, 30-133 Cracow, Poland

e-mail: m.noworyta@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Cationic two-photon polymerization enables the highly precise creation of micro- and nanostructures from materials such as epoxy resins. Thanks to the use of laser light, the polymerization process occurs only at a precisely defined location, which makes it possible to create complex 3D structures. This technique produces materials with high durability and good mechanical properties. It therefore has great potential in modern 3D printing and microfabrication [1,2].

The study presents three-dimensional objects fabricated using two-photon polymerization with epoxy monomers.

Research funded by the SONATA BIS project through the National Science Center, Agreement No.: UMO-2025/58/E/ST11/00334, project title: "Photochemically Controlled Generation of Photoacids and Photobases for Light-Induced 3D Fabrication of Advanced Polymeric Structures: The Key Role of Novel Photobases in Dual Photoinitiating and Catalysing Systems for Precision 3D Printing." It was also funded as part of the activities of the Applied Photochemistry Research Club through participation in the 7th edition of the FutureLab PK Student Project Competition at the Tadeusz Kościuszko University of Technology in Kraków, project team number 154/2026.

[1] Li, B. et al., Advanced Optical Materials, **2026**, 14, e71709.
[2] Woods, R. et al., Polymer, **2011**, 52, 3031–3037.

Morphology by Design: Growth-Driven Shape Evolution in ZnTe Nanostructures

Justyna Proszek[1], *Marta Gajewska*[2], *Paweł Dąbczyński*[3], *Krystian Sokołowski*[2], *Mateusz Marzec*[2], *Jakub Rysz*[3], *Andrzej Bernasik*[2], *Michael Bredol*[4], *Katarzyna Matras-Postołek*[5]

[1] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[2] Academic Centre for Materials and Nanotechnology, AGH University of Science and Technology, Mickiewicza 30, 30-049 Kraków, Poland

[3] Jagiellonian University, Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków, Poland

[4] FH Münster University of Applied Sciences, Department of Chemical Engineering, Steinfurt, Germany

[5] Cracow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

e-mail: justyna.proszek@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Zinc telluride (ZnTe) is a direct-bandgap II–VI semiconductor characterized by a bandgap in the visible spectral range and favorable band-edge positions, making it a promising material for optoelectronic and photoelectrochemical applications [1]. Controlling the size and morphology of ZnTe nanostructures may further enable the tuning of their optical, electronic, and surface properties, thereby allowing the material to be tailored to specific applications.

However, the synthesis of ZnTe with controlled morphology remains a significant challenge. Nanocrystal growth strongly depends on the reactivity of zinc and tellurium precursors, their molar ratio, and the kinetics of nucleation and growth. Even minor changes in the reaction mixture composition, temperature, or reaction time can lead to products with substantially different morphologies, aggregation behavior, or the formation of by-products. An additional limitation is the susceptibility of ZnTe to degradation and oxidation, which complicates the synthesis of stable nanostructures.

In this work, the influence of colloidal synthesis conditions on the growth and morphological evolution of ZnTe nanostructures was investigated. Particular attention was paid to the type and reactivity of the precursors, reaction temperature and time, as well as the presence of selected metal precursors introduced into the reaction system during nanocrystal growth. Depending on the reaction conditions, distinctly different morphologies were obtained, ranging from nearly spherical structures and hierarchical aggregates to elongated one-dimensional structures. These observations indicate a strong influence of the reaction environment on the predominant growth mechanism of ZnTe.

The resulting materials were characterized using microscopic, structural, and spectroscopic techniques to establish relationships between synthesis conditions and the morphology and composition of the products. The obtained results provide a better understanding of the factors governing the growth of ZnTe nanostructures and represent a step toward the rational design of their morphology and properties.

This research was funded by the National Science Center under the OPUS 22 + LAP/Weave project No. UMO2021/43/I/ST5/01536, titled Immobilized ZnTe Magic-sized nanoclusters: adjusting a simple semiconductor for photochemical reduction.

[1] Z. Wang, Y. Wang, S. Ning, Q. Kang, *Energy & Fuels*, **2022**, 36, 11380–11393.

Effect of Silica Modification on the Cyclic Mechanical Response of Epoxy Composites

***Kamil Badura*[1], *Bożena Tyliszczak*[2,3,4]**

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[3] Centre for Advanced Functional Materials and Biomimetic Technologies, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[4] Krakow University of Economics, College of Management and Quality Sciences, Department of Organization and Management Methods, Rakowicka 27, 31-510 Kraków, Poland

e-mail: kamil.badura@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Epoxy composites considered for the cores of distributed fibre optic strain sensors must combine adequate stiffness with a consistent mechanical response under repeated deformation. While silica-modified epoxy systems are often evaluated through monotonic mechanical tests, their short-term response to cyclic loading is also relevant to material selection.

This study compares two bisphenol-A-based epoxy systems and their silica-modified counterparts: LG 206/HG 359 with 1 wt.% SIPERNAT® 22 LS precipitated silica and LG 330/HG 359 with 2 wt.% AEROSIL® OX 50 fumed silica. The unmodified epoxy systems served as reference materials. Specimens were subjected to 20 successive loading–unloading cycles, and the change in maximum force between cycles 2 and 20 was analysed.

For unmodified LG 206, the maximum force decreased by 1.73%, compared with 1.69% for the corresponding silica-modified system. In LG 330, the decrease was 5.28% for the unmodified resin and 2.90% after modification with AEROSIL® OX 50. These preliminary results indicate a matrix-dependent effect of silica modification on the short-term cyclic mechanical response. The most pronounced difference between modified and unmodified materials was observed for the LG 330 system. The study provides a basis for selecting epoxy matrices for further development of hybrid composite cores intended for distributed fibre optic sensing applications.

Work within the framework of the implementation PhD VIII funded by the Ministry of Science and Higher Education "Advanced epoxy composites for use in fibre optic sensor cores for safety monitoring of building structures and geotechnical objects" DWD/8/0104/2024.

AgroSysIT: Development of an Advanced Optical Platform for Rapid Soil Chemical Analysis and Precision Agriculture

Jan Czyżewski[1], *Łukasz Janus*[2], *Julia Radwan-Pragłowska*[2], *Aleksandra Sierakowska-Byczek*[2,3], *Klaudia Kuźmiak*[2,3]

[1] Doctoral School of Rzeszow University of Technology, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland.

[2] Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK Krakow University of Technology, Warszawska 24 Street. 31-155 Kraków, Poland

[3] Doctoral School of PK Krakow University of Technology, Warszawska 24 Street. 31-155 Kraków, Poland

e-mail: d597@stud.prz.edu.pl

Abstract:

The development of precision agriculture requires portable analytical tools capable of rapidly determining soil chemical parameters without the need to transport samples to a laboratory for each analysis. The aim of the research conducted within the AgroSysIT project was to develop a portable optical device integrating spectrophotometric and spectrofluorimetric techniques into a single measurement platform equipped with a communication system and digital data management capabilities.

The device is based on an integrated optical system enabling the measurement of both changes in radiation absorbance and fluorescence signals emitted by the analyzed solutions. The application of two complementary detection techniques expands the range of available analytical procedures and enables the selection of an appropriate measurement method according to the characteristics of the target analyte. The device was designed for the analysis of soil extracts and post-reaction solutions, in which the presence of selected substances is determined based on their optical response. Particular emphasis was placed on system miniaturization, ease of operation, and the ability to perform measurements outside laboratory conditions.

An essential component of the system is a communication module that enables the transmission of measurement results to an external mobile or web-based application. This solution supports digital data storage, visualization, comparison of results obtained from different samples and sampling locations, and further analytical interpretation. Integrating the measurement module with the communication system allows the device to function not only as an optical detector but also as part of a comprehensive soil property monitoring system.

The developed concept combines two optical detection techniques, portability, and remote data exchange, providing a foundation for the development of field-deployable analytical instrumentation to support decision-making in precision agriculture.

This research was funded by National Centre for Research and Development (NCBR) grant no. LIDER13/0249/2022

[1] Pal, A. et al., *TrAC Trends Anal. Chem*., **2024**, 180, 117981. https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117981
[2] Luo, F. et al., *Comput. Electron. Agric.,* **2026**, 241, 111242. https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111242
[3] Moonrungsee, N. et al., *Talanta,* **2015**, 136, 204–209. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.024
[4] Nath, P. et al., *Sensors*, **2023**, 23, 5053. https://doi.org/10.3390/s23115053
[5] Tobiszewski, M., Vakh, C., *Anal. Bioanal. Chem.,* **2023**, 415, 3703–3715. https://doi.org/10.1007/s00216-023-04558-1

AgroSysIT: Design and Development of an Integrated Software Platform for Wireless Data Acquisition, Processing, and Visualization in Soil Analysis

Andrzej Woźniacki[1], *Łukasz Janus*[2], *Julia Radwan-Pragłowska*[2],

Aleksandra Sierakowska-Byczek[2,3], Klaudia Kuźmiak[2,3]

[1] Faculty of Mathematics and Computer Science, PK Krakow University of Technology

[2] Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK Krakow University of Technology

[3] Doctoral School of PK Krakow University of Technology

e-mail: andrzej.wozniacki@pk.edu.pl

Abstract:

The development of precision agriculture requires the integration of portable measurement devices with software capable of efficiently acquiring, processing, and interpreting analytical data. The aim of the research conducted within the AgroSysIT project was to develop a software platform compatible with a portable soil analyzer employing spectrophotometric and spectrofluorimetric measurements. The system was designed as a digital environment for managing measurement processes, including communication with the device, analytical data management, and the presentation of results through a mobile or web-based application. A key component of the proposed solution is the integration of a wireless data transmission module with a software layer responsible for receiving and organizing measurement results. The adopted approach enables analytical data to be associated with sample identifiers, sampling locations, and collection dates, followed by their storage and comparison. An important functionality of the application is the visualization of results in the form of clear summaries and graphs, facilitating the assessment of variations in soil chemical parameters. The system also incorporates the possibility of interpreting measured values and presenting information relevant to agrotechnical decision-making.

The proposed solution combines analytical data acquisition, device-to-application communication, and digital measurement history within a single integrated system. This approach reduces the need for manual data entry and facilitates the use of analytical results obtained from multiple sampling locations. The software platform under development constitutes an integral component of the AgroSysIT system and provides a foundation for the further expansion of analytical functionalities and decision-support tools for precision agriculture.



Scheme 1. AgroSysIT

This research was funded by National Centre for Science and Development, grant no. Lider13/0249/2022.

[1] Nenciu, F. et al., *Appl. Sci.,* **2026**, 16, 4559.
[2] Dhal, S. et al., *Agron. J.,* **2024**, 116, 1144–1163.
[3] Soussi, A. et al., *Sensors*, **2024**, 24, 2647.
[4] Thilakarathne, N. N. et al., *Front. Plant Sci*., **2022**, 13, 1030168.
[5] Ayaz, M. et al., *IEEE Access*, **2019**, 7, 129551–129583.

From Sunflower to Molecules: Chemical Profiling of *Helianthus annuus* L. 'Jonasun'

Szymon Janecki[1,2], *Sławomir Wybraniec*[1], *Justyna Wiland-Szymańska*[3], *Sebastian Szewczyk*[4] , *Gotard Burdziński*[4], *Maria Drapikowska*[5]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department C-1, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Department C-1, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

[3]Department of Systematic and Environmental Botany, Faculty of Biology, Adam Mickiewicz University in Poznan, Poland

[4]Faculty of Physics and Astronomy, Adam Mickiewicz University

[5]Department of Ecology and Environmental Protection of Poznan University of Life Sciences

e-mail: szymon.janecki@pk.edu.pl

Abstract:

Carotenoids are highly unsaturated pigments, yellow, orange or red in color and are synthesized naturally in plants, algae, fungi and bacteria [1]. Carotenoids have many health-promoting properties; e.g., they are able to remove oxygen free radicals from the human body, which aids in the treatment of certain types of cancer [2]. A potential source of carotenoids is *Helianthus annuus* L. known as the common sunflower [3]. The aim of the study was to establish a qualitative profile of the pigments formed following saponification of an extract obtained from *H. annuus* 'Jonasun'. Chromatographic profiles of the extracts collected before and after saponification were compared using PDA detection over the wavelength range of 440–480 nm. Pigment signals detected at retention times of 11–18 min before saponification were absent after treatment. This observation confirms the presence of xanthophyll esters in the *H. annuus* extracts. However, their unequivocal identification requires comparison with appropriate analytical standards. The pigment profile obtained following saponification of the extract was initially compared with the carotenoid profile of an extract derived from chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium* (Ramat.) Hemsl.). Based on this chromatographic, spectrophotometric and mass spectrometric comparison, the principal xanthophylls were identified as: (all-*E*)-lutein-5,6-epoxide **3**, (9*Z*)-lutein-5,6-epoxide **5** and lutein **6** as well as the minor pigment, flavoxanthin **4**. The presence of the last dye was confirmed primarily through coinjection with a marigold (*Calendula officinalis* L.) extract. The (all-*E*)-lutein-5,6-epoxide **3** was additionally compared to its authentic standard obtained from CaroteNature GmbH (Münsingen, Switzerland). The presence of violaxanthin *trans* isomer **1** was chromatographically confirmed based on yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) extract and its *cis*-isomer **2** was also detected in black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot).

[1] Martin, L. The Chlamydomonas Sourcebook, **2009**, 2, 799–817.
[2] Bhatt, T., K. Patel, K. Carotenoids: Potent to Prevent Diseases Review, Indian Journal of Clinical Biochemistry, **2020**, 35, 1–8.
[3] Wiland-Szymańska, J. et al., Spectroscopic response of carotenoids in chromoplasts in sunflower inflorescence, Scientific Reports, **2026,** 16, 1-13.

Upcycling Celeriac Root Pomace (*Apium graveolens* var. *rapaceum*): Evaluation of Extract Bioactivity and Its Potential in Cosmetic Formulation

Aleksandra Kamienik[1], *Magdalena Malinowska*[1]

[1] Department of Organic Chemistry and Technology (C-2),
Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK Krakow University of Technology, Warszawska St. 24, 31-155 Kraków, Poland

e-mail: a.kamienik@student.pk.edu.pl

Abstract:

The growing interest in the circular economy has increased the need for sustainable approaches to the management and valorization of food industry by-products. Residues generated during fruit and vegetable juice production represent a largely underexplored source of bioactive compounds, including polyphenols, carotenoids and vitamins [1]. The aim of this study was to evaluate the biological properties of an extract obtained from celeriac root pomace (*Apium graveolens* var. *rapaceum*), a by-product of the vegetable juice industry, and to assess its potential for cosmetic applications.

The antioxidant activity of the extract was determined using the DPPH radical scavenging assay, while the total polyphenol content was evaluated using the Folin–Ciocalteu method. The metal-chelating capacity of the extract was assessed based on its ability to form complexes with Fe^{2+} ions. In addition, the inhibitory activity against collagenase and elastase was investigated as an indicator of its potential to support skin firmness. All analyses were conducted using spectrophotometric methods.

The obtained results indicated significant antioxidant activity accompanied by a high Fe^{2+}-chelating capacity. The extract also demonstrated inhibitory activity against both collagenase and elastase, suggesting its potential to protect structural components of the skin and support skin-firming effects. Overall, the results indicate that celeriac root pomace may represent a promising source of bioactive compounds for the development of value-added cosmetic ingredients and formulations, contributing to the sustainable valorization of vegetable processing by-products.

The research work was funded under the project "Support for students in enhancing their competences and skills", within the European Funds for Social Development Programme 2021-2027, financed by Ministry of Funds and Regional Policy of the Republic of Poland.

[1] Campos, D.A. et. al. Molecules, **2020**, 25(2), 320.

Extraction of bioactive compounds from the petals of *Rosa centifolia* using natural deep eutectic solvents (NADES) and their application in hydrogel formulations

Magdalena Lasota[1], *Katarzyna Gaweł-Bęben*[1]

[1] Department of Cosmetology, University of Information Technology and Management in Rzeszów, Sucharskiego 2, Rzeszów, Poland

e-mail: mlasota@wsiz.edu.pl

Abstract:

Natural Deep Eutectic Solvents (NADES) represent an innovative, eco-friendly, and effective alternative to traditional solvents in the extraction of bioactive compounds from plant materials. Due to their high biodegradability, low toxicity, and precise adaptability to specific raw materials, they significantly enhance extraction efficiency while effectively protecting the isolated compounds from degradation. [1] The aim of this study was to optimize the extraction of polyphenols and flavonoids from cabbage rose (*Rosa centifolia*) petals using NADES systems: choline chloride with citric acid (**CH:CA**) and glucose (**CH:G**), as well as betaine with lactic acid (**B:LA**), compared to water. The extracts were also evaluated for their antioxidant potential. Based on the two most effective extracts, prototype hydrogels were formulated.

Ultrasound-assisted extraction was carried out using NADES systems at molar ratios of 1:1, 1:2, and 2:1, alongside a traditional solvent—water. Total Polyphenol Content (TPC) was determined spectrophotometrically, and antioxidant potential was assessed using DPPH and ABTS radical scavenging assays. [2,3] The NADES extracts exhibited stronger antioxidant activity and higher TPC compared to the aqueous extract. In the DPPH and ABTS radical scavenging assays, the highest activity was recorded for the B:LA (1:2) system, with IC50 values of 0.027% (DPPH) and 0.035% (ABTS). The same extract also exhibited the highest total polyphenol content (TPC = 288.31 µg GAE/mL).

Using the two most effective extracts, prototype hydrogel formulations were prepared (utilizing 1% xanthan gum) containing 1% and 5% of the extracts, as well as pure NADES. The formulations were subjected to stability testing over time under various temperature conditions.

The prototype formulations demonstrated full physicochemical stability under the tested conditions, confirming the application potential of Rosa centifolia NADES extracts in finished cosmetic formulations.

[1] Koraqi, H.; Aydar, A.Y.; Khalid, W.; Ercisli, S.; Rustagi, S.; Ramniwas, S.; Pandiselvam, R. Ultrasound-assisted extraction with natural deep eutectic solvent for phenolic compounds recovery from Rosa damascene Mill.: Experimental design optimization using central composite design. Microchemical Journal **2024**, 196, 109585.

[2] Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture **1965**, 16, 144–158.

[3] Matejić J.S., Džamić A.M., Mihajilov-Krstev T., Ranđelović V.N., Krivošej Z.Đ., Marin P.D. Total phenolic content, flavonoid concentration, antioxidant and antimicrobial activity of methanol extracts from three Seseli L. taxa. Central European Journal of Biology **2012**, 7(6), 1116–1122.

Design of 3D/4D-Printed Hydrogel–Microneedle Platforms for Targeted Transdermal Delivery in Skin Cancer Therapy

***Maciej Łach*[1,3], *Bożena Tyliszczak*[2,3,4]**

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[3] Centre for Advanced Functional Materials and Biomimetic Technologies, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[4] Krakow University of Economics, College of Management and Quality Sciences, Department of Organization and Management Methods, Rakowicka 27, 31-510 Kraków, Poland

e-mail: maciej.lach@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

The limited penetration of therapeutic agents through the stratum corneum remains a major challenge in localized skin cancer treatment. Hydrogel-based microneedles offer a potential route for intradermal delivery by creating transient microchannels while limiting the need for conventional injections. This work presents a design framework for 3D/4D-printed hydrogel–microneedle platforms intended for targeted transdermal administration of anticancer agents. The proposed approach focuses on photocrosslinkable polymer networks and the relationships between formulation composition, crosslinking conditions, printability, swelling behavior and mechanical stability. Particular attention is paid to microneedle geometry, shape fidelity and the capacity of hydrated polymer networks to support diffusion-controlled release. Whereas 3D printing enables control over the spatial architecture of the delivery platform, the 4D concept introduces the possibility of programmed changes in material properties in response to environmental stimuli. The planned evaluation includes structural and mechanical characterization, swelling studies, and in vitro release and permeation experiments using Franz diffusion cells. Drug transport and potential biological activity will require subsequent verification in appropriate skin-cancer cell models. By integrating material formulation, additive manufacturing and transport assessment, the proposed strategy aims to identify design parameters relevant to the development of adaptable, minimally invasive delivery systems. The work outlines a research direction rather than demonstrating clinical efficacy.

This work was supported by the National Science Centre, Poland, under the research project "Janus nanoparticles – research on the effect of the duality of carriers of the active substance in targeted therapy of skin cancer with the use of transdermal systems", grant no. UMO-2024/55/B/ST8/01862.
The authors would also like to acknowledge the Functional Materials Student Scientific Association SMART-MAT, Section SmartMat, for its support and contribution to the scientific activities related to this work.

Development of Natural Polymer-Based Bioinks for Digital Light Processing (DLP) 3D Printing

***Julia Sztrumpf*[1,3], *Bożena Tyliszczak*[2,3,4]**

[1] PK Krakow University of Technology, Doctoral School, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, Faculty of Materials Engineering and Physics, Department of Materials Science, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland

[3] Centre for Advanced Functional Materials and Biomimetic Technologies, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

[4] Krakow University of Economics, College of Management and Quality Sciences, Department of Organization and Management Methods, Rakowicka 27, 31-510 Kraków, Poland

e-mail: julia.sztrumpf@doktorant.pk.edu.pl

Abstract:

Vat photopolymerization is a promising 3D printing technique; however, replacing rigid petrochemical resins with functional bioinks remains a significant challenge. The aim of this study was to synthesize and characterize a novel photocurable bioink based on natural hydrocolloids for the fabrication of highly flexible and biocompatible hydrogels with potential biomedical applications.

The bioink base, consisting of 5 g of carboxymethyl cellulose, 5 g of sodium alginate, and 1 g of gelatin dissolved in 900 mL of water, was combined with polyethylene glycol diacrylate (PEGDA) and acrylic acid to introduce photocurable properties. Lithium phenyl-2,4,6-trimethylbenzoylphosphinate (LAP) was used as the photoinitiator. Samples were fabricated using digital light processing (DLP) 3D printing, with the exposure time optimized to 60 s due to the high viscosity of the formulation. The resulting hydrogels were characterized by rheological measurements, Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), Shore D hardness testing, tensile testing, and swelling kinetics analysis.

The uncured bioink exhibited a viscosity of 296.88 cP, forming a dense pre-gel network that remained stable in the resin vat. FT-IR spectroscopy confirmed successful free-radical photopolymerization. The printed material exhibited soft hydrogel characteristics, with a Shore D hardness of 4.4 in the hydrated state and 39.92 after drying. Tensile testing demonstrated high flexibility, with a maximum displacement at break of 36.93 mm, indicating the potential to reproduce the mechanical behavior of soft tissues. The hydrogels exhibited a more than 5.5-fold increase in mass upon swelling in water. Structural stability was also observed, with the measured pH reaching only 6.5, suggesting limited acidification of the surrounding medium.

The developed bioink successfully combines natural biopolymers with synthetic photocurable components, enabling high-resolution DLP 3D printing. Its flexibility, swelling capacity, and promising physicochemical characteristics indicate potential applications in soft tissue engineering and controlled drug delivery systems. Further cytocompatibility and leachables testing are required to confirm its suitability for biomedical applications.

This work was supported by the National Science Centre, Poland, under the research project "Janus nanoparticles – research on the effect of the duality of carriers of the active substance in targeted therapy of skin cancer with the use of transdermal systems", grant no. UMO-2024/55/B/ST8/01862.
The authors would also like to acknowledge the Functional Materials Student Scientific Association SMART-MAT, Section SmartMat, for its support and contribution to the scientific activities related to this work.

Fungal metabolites as new potential monomers

Artur Kołaciak-Hulbój [1], *Szczepan Bednarz* [1]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Macromolecules Scientific Club

e-mail: a.kolaciak@student.pk.edu.pl

Abstract:

Polymers constitute a key group of materials used in many sectors of the economy. In recent years, there has been rapid progress in the development of polymers derived from renewable raw materials. This research is part of this trend, focusing on the application of fungal metabolites. In this experiment, compounds belonging to the group of “ceriporic acids” were analyzed - these are itaconic acid derivatives containing an additional aliphatic chain in their structure. Their production was performed by *Ceriporiopsis subvermispora, a white rot fungus*.

As part of the experiment, a series of cultures of the test organism were grown on lignin-cellulose substrates such as beech wood chips and hemp shives, along with culture additives such as lignin or fatty acids. The cultures were maintained under sterile conditions for a minimum of 6 weeks, after which metabolite extraction and GC-MS analysis of the extracts were performed to compare the amounts of acids produced between the individual cultures.

The study confirmed the presence of the metabolites in solid - medium cultures and demonstrated a positive effect of culture supplements on the yield of the desired product, as well as a change in the ratio of the resulting metabolites to one another. The most optimal medium turned out to be beech wood chips combined with an addition of oleic acid which has shown higher relative signal intensity of ceriporic acids compared to hemp shives with lignin. The research highlights the potential of fungal itaconic acid derivatives to replace oil-derived polymers for new environmentally friendly materials. The combination of polymer chemistry and biotechnology may contribute to the development of innovative solutions in the field of sustainable plastics.

The research has been generously co-funded by National Science Centre of Poland in project 2024/06/Y/ST5/00062, by Czech Science Foundation (GACR) in project 25-15669K and by FutureLab PK – Student grant competition - project 110 and 180. The author would also like to thank and acknowledge dr hab. inż. Szczepan Bednarz for scientific guidance and for constant support.

[1] Nishimura, H.; Murayama, K.; Watanabe, T.; Honda, Y.; Watanabe, T. Diverse Rare Lipid-Related Metabolites Including ω-7 and ω-9 Alkenylitaconic Acids (Ceriporic Acids) Secreted by a Selective White Rot Fungus, Ceriporiopsis Subvermispora. *Chem. Phys. Lipids* **2012**, *165* (1), 97–104. https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2011.10.007.

Equilibrium and Kinetics of Direct Blue BR 200 Adsorption onto Waste Chicken Eggshells

Alicja Misala[1], ***Maria Radek***[1], *Monika Gwadera*[1]

[1]Faculty of Chemical Engineering and Technology, PK Krakow University of Technology, Warszawska 24, 31-155 Krakow

e-mail: alicja.misala@student.pk.edu.pl

Abstract:

This study examines the adsorption of the textile dye Direct Blue BR 200 from aqueous solutions using waste chicken eggshells as a low-cost biosorbent and commercial activated carbon Sorbotech LGCO 100 as a reference material. Adsorption equilibrium was experimentally determined and described using the Henry, Langmuir, Freundlich, Sips, and modified BET isotherm models. Of all the models considered, the Sips equation provided the most accurate representation of the experimental data for both adsorbents, suggesting heterogeneous surface characteristics and a limited adsorption capacity. Throughout the investigated concentration range, the eggshells demonstrated a greater ability to remove the dye than the activated carbon.

Kinetic experiments were conducted in a continuous-flow fixed-bed system at flow rates of 1.72, 2.31, and 2.90 cm³/s. The apparent effective diffusion coefficient (Ds) was calculated using an analytical solution of Fick's unsteady-state diffusion equation. For the eggshell biosorbent, the obtained Ds values were $2.55 \cdot 10^{-11}$, $4.59 \cdot 10^{-11}$, and $1.92 \cdot 10^{-10}$ m²/s, respectively, and were consistently higher than those determined for the activated carbon. The equilibrium and kinetic results, together with the calculated diffusion coefficients, indicate that waste eggshells have a high potential for the adsorption of Direct Blue BR 200 from aqueous media. The obtained quantitative parameters may also be useful for modeling adsorption processes and evaluating eggshell-based biosorbents for water treatment applications.

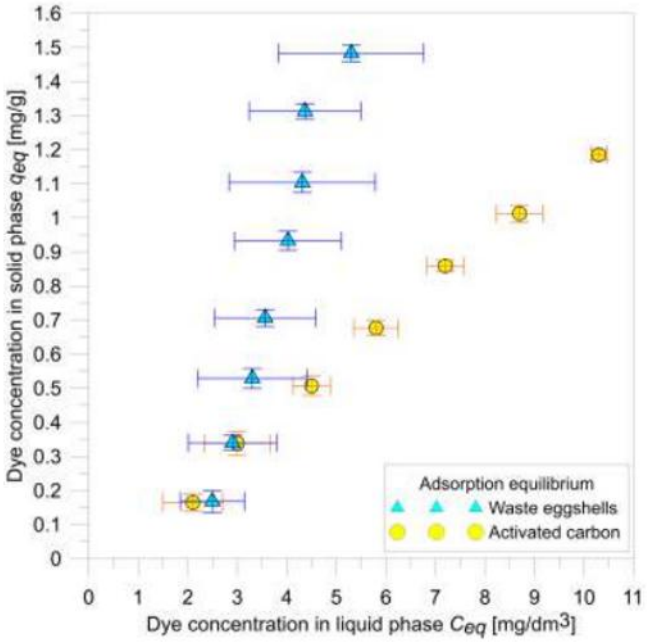


Figure 1 - Experimental isotherms at 21 °C for adsorption of Direct Blue BR 200 dye (Argus, Poland) 377 on waste chicken eggshells (Poland) and activated carbon LGCO 100 (Sorbotech, Poland); [1].

[1] Gwadera M. et al., *Purification*, **2026**, 2.

Photoinitiating systems containing new-generation initiators that are effective across a wide range of visible light, for use in 3D microprinting

Kacper Piskorz[1,2], *Katarzyna Starzakr*[1,2], *Malgorzata Noworyta*[1,2], *Konrad Cyprych*[3], *Krzysztof Bartkowski*[4], *Zahra Badri*[4], *Sukhvinder Dhiman*[4], *Cina Foroutan-Nejad*[4], *Jaroslaw Mysliwiec*[3], *Marcin Lindner*[4], *Joanna Ortyl*[1,5,6]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, Cracow 31–155, Poland

[2] PK Krakow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, Cracow 31–155, Poland

[3] Wroclaw University of Technology, Faculty of Chemistry, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wroclaw 50-370, Poland

[4] Institute of Organic Chemistry, Polish Academy of Sciences, Marcina Kasprzaka 44/52, Warsaw 01-224, Poland

[5] Photo HiTech Ltd., Bobrzynskiego 14, 30–348 Cracow, Poland

[6] Photo4Chem Ltd., Lea 114, 30-133 Cracow, Poland

e-mail: kacper.piskorz@doktorant.admin.pk.edu.pl

Abstract:

Light-induced photopolymerization is a versatile and efficient method widely applied in protective coatings, dental materials, and additive manufacturing. However, many conventional photoinitiators are primarily activated by UV light, limiting their use in modern low-energy and high-resolution photopolymerization technologies. This motivates the development of photoinitiating systems responsive to visible and near-infrared (NIR) light [1, 2].

In this work, we present a new generation of sterically activated chromophores capable of initiating photopolymerization under visible and NIR irradiation. Their photoinduced structural transformations and strain-activated bond cleavage enable efficient generation of reactive species at reduced excitation energies. The developed compounds were investigated using spectroscopic methods, FT-IR monitoring of polymerization kinetics, rheological measurements, and one- and two-photon polymerization experiments.

The obtained results demonstrate efficient photoinitiation under visible light and promising two-photon activity, providing improved control over polymerization and high-resolution fabrication. The proposed approach highlights the potential of sterically activated photoinitiating systems for energy-efficient photopolymerization and advanced three-dimensional microfabrication.

This research was funded by the National Science Centre, Poland, within the framework of the SONATA BIS 15 project (Grant No. UMO-2025/58/E/ST11/00334). It was also funded as part of the activities of the Applied Photochemistry Research Club through participation in the 7th edition of the FutureLab PK Student Project Competition at the Tadeusz Kościuszko University of Technology in Kraków, project team number 154/2026.

[1] Piskorz K., Starzak K., Noworyta M., Cyprych K., Bartkowski K., Badri Z., Dhiman S., Foroutan-Nejad C., Mysliwiec J., Lindner M., Ortyl J., (**2025**) “Strain-Activated Photo-Dehalogenation Unlocks Low-Energy One- and Two-Photon 3D Microfabrication”. Advanced Functional Materials, 36, e16241. DOI: 10.1002/adfm.202516241

[2] Li L., Gong H., Zhang S., (**2017**) “Two-Photon Polymerization Initiators for Three-Dimensional Microfabrication”. Journal of Materials Chemistry C, 5, 11487–11504. DOI: 10.1039/C7TC04274E

Exploring the Electronic Nature of Nitro-Substituted Molecular Systems: A DFT-Based Approach

Weronika Łącka[1]***, Magdalena Sutkowska***[1]***, Mateusz Kania***[1]*, Mikołaj Sadowski*[1]*, Karolina Kula*[1]

[1] PK Krakow University of Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

e-mail: weronika.lacka@student.pk.edu.pl; magdalena.sutkowska@student.pk.edu.pl; mateusz.kania@student.pk.edu.pl

Abstract:

The nitro group is one of the most important electron-withdrawing functional groups in organic chemistry, significantly influencing the electronic structure, molecular polarization, and chemical reactivity of organic compounds. Its incorporation into conjugated molecular systems can substantially modify electron density distribution and the electrophilic and nucleophilic properties of individual reaction centers. Consequently, conjugated nitroorganic compounds represent an important class of molecular systems with considerable potential as building blocks in organic synthesis, particularly in cycloaddition reactions [1].

In the present study, the electronic properties and reactivity of selected conjugated nitroorganic compounds were systematically evaluated using quantum-chemical calculations based on Density Functional Theory (DFT). The investigations into molecular systems included conjugated nitrodienes derived from (1E,3E)-1,4-dinitro-1,3-butadiene, 2-nitrothiophene, and 9-nitroanthracene, representing structurally diverse classes of nitro-substituted organic compounds. The theoretical investigations focused on the analysis of global and local electronic properties, including frontier molecular orbital energies, selected reactivity descriptors, and the identification of preferential reactive centers. Particular attention was paid to the electrophilic-nucleophilic relationships governing molecular interactions and their potential implications for regioselectivity in cycloaddition reactions.

We gratefully acknowledge Polish high-performance computing infrastructure PLGrid (HPC Center: ACK Cyfronet AGH) for providing computer facilities and support within computational grant no. PLG/2025/019000.

[1] Kula, K.; Kuś, E.; *Int. J. Mol. Sci.,* **2025**, 26(18), 8983.