



INTERTECH POLAND

PICARRO | Extreme science
Ultimate simplicity
Absolute transparency

CRDS

$\delta^{13}\text{C} + \delta^{17}\text{O} + \delta^{18}\text{O} + \delta\text{D} + \delta^{15}\text{N} + \delta^{15}\text{N}_2$

$\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{S} + \text{N}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S}$

www.intertechpoland.pl

XXVIII KONFERENCJA NOWOCZESNE METODY INSTRUMENTALNE W ANALIZIE ŚLADOWEJ

20-21 kwietnia 2026, ŁÓDŹ

ORGANIZATORZY:

**INSTYTUT CHEMII OGÓLNEJ I EKOLOGICZNEJ
WYDZIAŁ CHEMICZNY POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**

INTERTECH POLAND

PATRONAT:



**JM Rektor
Politechniki Łódzkiej**

Polskie Towarzystwo Chemiczne

Komitet Chemii Analitycznej PAN



**Komitet
Chemii Analitycznej**

REDAKCJA NAUKOWA:

MAŁGORZATA IWONA SZYNKOWSKA-JÓŹWIK

SŁAWOMIR GARBOŚ

XXVIII KONFERENCJA

**NOWOCZESNE METODY
INSTRUMENTALNE W ANALIZIE
ŚLADOWEJ**

20-21 kwietnia 2026
ŁÓDŹ

ORGANIZATORZY:

**INSTYTUT CHEMII OGÓLNEJ I EKOLOGICZNEJ
WYDZIAŁ CHEMICZNY POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**

INTERTECH POLAND

PATRONAT:

**JM Rektor Politechniki Łódzkiej
prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwik**

Komitet Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk

Polskie Towarzystwo Chemiczne

Konferencja dedykowana jest pamięci prof. dr. hab. inż. Henryka Góreckiego

Tegoroczna, XXVIII edycja Konferencji poświęcona jest pamięci Profesora Henryka Góreckiego - wybitnego naukowca, menedżera nauki i wieloletniego nauczyciela akademickiego, niezwykle zasłużonego dla polskiej chemii. Jego odejście jest dla nas szczególnie dotkliwe, gdyż Pan Profesor był stałym uczestnikiem i przyjacielem organizowanej przez nas konferencji.

Profesor przez całe życie zawodowe był związany z Politechniką Wrocławską. Ukończył studia na Wydziale Chemicznym w 1970 roku, co poprzedziła karna służba wojskowa za udział w protestach studenckich w marcu 1968. W 1974 roku uzyskał stopień doktora, a tytuł profesora nauk chemicznych odebrał w 1990 roku. Na macierzystej uczelni pełnił funkcje Dyrektora Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych oraz Dziekana Wydziału Chemicznego (1996-2002).

W pracy badawczej koncentrował się na fizykochemicznych podstawach przetwarzania surowców fosforowych, modelowaniu matematycznym procesów technologicznych i zaawansowanych technologiach materiałowych. Jako jeden z pionierów konsekwentnie promował i realizował ideę ścisłej współpracy nauki z gospodarką. Jego imponujący dorobek obejmuje ponad 320 publikacji, kilkadziesiąt patentów oraz ponad 200 opracowań wdrożeniowych dla przemysłu. Wypromował także wielu doktorów, kształtując kolejne pokolenia badaczy. Profesor Górecki aktywnie angażował się w kształtowanie krajowego systemu nauki, zasiadając m.in. w Komitecie Badań Naukowych, Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów oraz Radzie Nauki przy MNiSW.

W uznaniu wybitnych osiągnięć został uhonorowany tytułami doctor honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz Politechniki Krakowskiej. Otrzymał również liczne nagrody państwowe i branżowe, w tym prestiżowy Medal im. Ignacego Mościckiego oraz Medal im. Wojciecha Świątosławskiego.

Jego pasja, ogromna wiedza i zaangażowanie na rzecz łączenia świata nauki z przemysłem pozostawiły trwałe ślady w historii polskiej technologii chemicznej.

HONOROWY KOMITET NAUKOWY XXVIII KONFERENCJI

Prof. dr hab. Danuta Barańkiewicz

Prof. dr hab. Irena Staneczko-Baranowska

Prof. dr hab. Franciszek Buhl

Prof. dr hab. Ewa Bulska

Prof. dr hab. Bogusław Buszewski

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Chojnacka

Prof. dr hab. Ryszard Dobrowolski

Prof. dr hab. Renata Gadzała-Kopciuch

Prof. dr hab. Beata Godlewska-Żyłkiewicz

Prof. dr hab. inż. Maciej Jarosz

Prof. dr hab. inż. Joanna Kałużna-Czaplińska

Prof. dr hab. inż. Piotr Konieczka

Prof. dr hab. inż. Zygmunt Kowalski

Prof. dr hab. Henryk Matusiewicz

Prof. dr hab. Rajmund Michalski

Prof. dr hab. Izabela Nowak

Prof. dr hab. Andrzej Parczewski

Prof. dr hab. inż. Jacek Rynkowski

Prof. dr hab. Jerzy Silberring

Prof. dr hab. Sławomira Skrzypek

Prof. dr hab. Piotr Stepnowski

Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

Prof. dr hab. inż. Wojciech Wolf

Prof. dr hab. Grzegorz Zadora

Prof. dr hab. Dariusz Zuba

KOMITET ORGANIZACYJNY XXVIII KONFERENCJI

Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik - Przewodnicząca

Mgr inż. Jarosław Grodowski (Intertech Poland)

Dr Sławomir Garboś (NIZP PZH - PIB)

Dr hab. inż. Agnieszka Czyłkowska, prof. uczelni

Dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. uczelni

Dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. uczelni

Dr hab. inż. Elżbieta Skiba

Dr inż. Magdalena Gajek

Dr inż. Elżbieta Maćkiewicz

Dr inż. Aleksandra Pawlaczyk

Dr inż. Lesław Sieroń

Dr inż. Michał Binczarski

Dr inż. Anita Raducka

Dr inż. Marcin Zaborowski

Dr inż. Aleksandra Zimon

Mgr inż. Piotr Malinowski

Mgr inż. Piotr Wysocki

Mgr inż. Damian Kryszczak

Mgr inż. Katarzyna Zielińska

Mgr inż. Jonasz Starkiewicz

**Program XXVIII Konferencji
„Nowoczesne metody instrumentalne w analizie śladowej”
Łódź, 20-21 kwietnia 2026 r.**

Poniedziałek, 20 kwietnia 2026 r.

10:00 - 11:00	Rejestracja uczestników / kawa
11:00 - 11:10	Otwarcie konferencji: - <i>Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik,</i> <i>Mgr inż. Jarosław Grodowski, Dr Sławomir Garboś</i> - <i>JM Rektor Politechniki Łódzkiej Prof. dr hab. inż. Krzysztof Jóźwik</i>
11:10 - 11:20	Prof. dr hab. Bogusław Buszewski <i>Wspomnienie o Prof. dr hab. inż. Henryku Góreckim</i>
Przewodniczący I sesji naukowej Prof. dr hab. Irena Staneczko-Baranowska/ Prof. dr hab. Ryszard Dobrowolski	
11:20 - 11:40 W-01	Prof. dr hab. Bogusław Buszewski¹, Dominika Błońska, Michał Szumski ¹ Kujawsko-Pomorskie Centrum Naukowo-Technologiczne im. Prof. Jana Czochrańskiego, Toruń <i>Mikrobiom jako źródło informacji o pochodzeniu geograficznym i botanicznym miodów</i>
11:40 - 12:00 W-02	Prof. dr hab. Ewa Bulska Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Warszawa <i>Spójność pomiarowa w erze sztucznej inteligencji: od danych metrologicznych do wiarygodnych decyzji</i>
12:00 - 12:20 W-03	Dr hab. inż. Anna Białk-Bielińska, prof. UG¹, Klaudia Godlewska, Anna Rojewska, Monika Paszkiewicz, Paweł Mazierski, Anita Sosnowska, Szymon Zbydel, Daniel Górzyński, Tomasz Puzyn, Adriana Zaleska-Medynska, Piotr Stepnowski, Paweł Rostkowski ¹ Katedra Analizy Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, Gdańsk <i>Analityka nowo pojawiających się zanieczyszczeń środowiska - nowe podejścia analityczne i aktualne wyzwania metodyczne</i>
12:20 - 12:30 F-01	Mgr inż. Jarosław Grodowski INTERTECH POLAND <i>Wystąpienie firmowe</i>
12:30 - 12:40 F-02	Dr inż. Edward Reszke ERTEC POLAND <i>Wystąpienie firmowe</i>
12:40 - 13:30	Lunch / Sesja plakatowa

Przewodniczący II sesji naukowej Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik / Prof. dr hab. Bogusław Buszewski	
13:30 - 13:50 N-01	Dr hab. inż. Katarzyna Styszko, prof. AGH Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków <i>Zintegrowane strategie analityczne w badaniach zanieczyszczeń nowej generacji (CECs): od systemów oczyszczania ścieków do epidemiologii ściekowej i oceny ryzyka populacyjnego</i>
13:50 - 14:10 N-02	Dr hab. Konrad Rudnicki Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Łódź <i>Elektroanalityczne układy pomiarowe oparte na makroskopowych i zminiaturyzowanych spolaryzowanych granicach fazowych jako narzędzia w kontroli jakości żywności</i>
14:10 - 14:25 N-03	Dr inż. Izabela Narloch, Grażyna Wejnerowska, Przemysław Kosobucki Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz <i>Opracowanie i ocena proekologicznych rozwiązań dedykowanych do oznaczania zanieczyszczeń w próbkach środowiskowych</i>
14:25 - 14:40 N-04	Dr Paweł Stelmaszczyk^{1,2}, Renata Wietecha-Posłuszny ¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Zakład Chemii Analitycznej, Kraków, ² Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. dra Jana Sehna, Kraków <i>Zminiaturyzowane metody analityczne w detekcji substancji psychoaktywnych stosowanych w przestępstwach przeciwko wolności seksualnej</i>
14:40 - 14:55 N-05	Dr inż. Anna Szymczyk-Drozd¹, Robert Ziółkowski, Elżbieta Malinowska ¹ Katedra Biotechnologii Medycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, Warszawa <i>Projektowanie narzędzi (bio)analitycznych wykorzystujących kwasy nukleinowe - od oddziaływań molekularnych do zastosowań praktycznych</i>
14:55 - 15:15	Przerwa kawowa / Sesja plakatowa
Przewodniczący III sesji naukowej Prof. dr hab. Ewa Bulska / Prof. dr hab. inż. Henryk Matusiewicz	
15:15 - 15:35 W-04	Prof. dr hab. Ryszard Dobrowolski¹, Agnieszka Nawrocka, Rafał Olchowski ¹ Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin <i>Analityczne aspekty oznaczania arsenu i jego form specyjalnych w rybach i owocach morza</i>

WARSZTATY PICARRO I UGT (sala VIP, II piętro)

15:35 - 15:55 W-05	Prof. dr hab. inż. Piotr Konieczka ¹ , Paweł Hać, Bożena Zabiegała, Marek Tobiszewski ¹ Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk <i>Chemiczne ślady przeszłości zapisane w bursztynie – projekt retroAMBER</i>
15:55 - 16:10 K-01	Prof. dr hab. Robert Anczkiewicz ¹ , Szymon Mianowski, Maria Dądela, Luca Bondioli, Alessia Nawa ¹ Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, Kraków <i>Precyzja i dokładność równoczesnych pomiarów zawartości pierwiastków śladowych i składu izotopowego Sr w bio-apatycie metodą ablacji laserowej sprzężonej z QQQ-ICPMS i MC-ICPMS</i>
16:10 - 16:25 K-02	Dr hab. inż. Stanisław Popiel, prof. WAT , Diana Gordon, Jakub Nawała Wydział Nowych Technologii i Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa <i>Tandemowa i wysokorozdzielcza spektrometria mas w analizie śladowej markerów bojowych środków trujących i materiałów wybuchowych w środowisku Morza Bałtyckiego</i>
16:30 - 17:30	Zebrańie Zespołu Analityki Środowiskowej i Przemysłowej Komitetu Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk
19.00	Spotkanie towarzyskie Klub Broadway18, ul. Stefanowskiego 17

Wtorek, 21 kwietnia 2026 r.

Przewodniczący IV sesji naukowej Prof. dr hab. Danuta Barańkiewicz / Prof. dr hab. inż. Wojciech Wolf	
9:00 - 9:20 W-06	Prof. dr hab. Jerzy Silberring Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Gadał dziad(ers) do obrazu... O księciu, smoku i materii nietypowej
9:20 - 9:40 W-07	Prof. dr hab. Dariusz Zuba Instytut Ekspertyz Sądowych im. prof. dra Jana Sehna w Krakowie Sztuczna inteligencja w naukach sądowych – między postępem technologicznym a ryzykiem poznawczym i prawnym
9:40 - 10:00 W-08	Dr inż. Agnieszka Martyna¹ , Katarzyna Zielińska, Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik, Grzegorz Zadora ¹ Zespół Chemii Sądowej, Instytut Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach Chemometria jako narzędzie wspomagające analizę wielowymiarowych danych dla potrzeb wymiaru sprawiedliwości i organów ścigania
10:00 - 10:15 K-03	Mgr Jan Piecuch^{1,2} , Ewelina Pollak-Kowa, Anna Telk, Marcin Wieczorek ¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Zakład Chemii Analitycznej, ² Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Jagielloński Aspekty metodologiczne przygotowania próbki suszu konopnego oraz wpływ domowych narzędzi do przygotowania na wprowadzane zanieczyszczenia metaliczne
10:15 - 10:30 K-04	Mgr inż. Łukasz Orszański , Angelina Rosiak, Joanna Kałużna-Czaplińska Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka Sztuczna inteligencja i zaawansowane techniki statystyczne w analizie próbek archeologicznych
10:30 - 11:00	Przerwa kawowa/ Sesja plakatowa
Przewodniczący V sesji naukowej Dr hab. inż. Anna Białk-Bielińska, prof. UG / Dr hab. inż. Elżbieta Skiba	
11:00 - 11:15 K-05	Prof. dr hab. Katarzyna Tyszczyk-Rotko Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie Czujniki sitodrukowane w analizie śladowej wybranych substancji biologicznie czynnych
11:15 - 11:30 K-06	Dr Sławomir Garboś , Hanna Mojska Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH - Państwowy Instytut Badawczy Analityczne aspekty oznaczania steroli roślinnych w żywności techniką GC-MS
11:30 - 11:45 K-07	Dr hab. Dominika Lewicka-Szczebak, prof. UW , Michał Bucha, Sushmita Deb Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław Śledzenie szlaków przemian azotu w glebach i wodach z wykorzystaniem analiz izotopowych N₂O i azotu mineralnego

11:45 - 12:00 K-08	Dr hab. Jakub Karasiński¹ , Barbara Wagner, Ewa Bulska, Klaudia Tettejer, Andrzej Gawor, Piotr Radziński, Ludwik Halicz ¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Warszawa Znaczenie materiałów odniesienia dla spójności pomiarowej i interpretacji wyników badań izotopowych
12:00 - 12:15 K-09	Mgr Ewelina Pollak-Kowa^{1,2} , Anna Telk, Marcin Wieczorek ¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, ² Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Jagielloński Możliwości techniki ICP-MS oraz LA-ICP-MS w analizie ciekłych próbek biologicznych o ograniczonej objętości
12:15 - 12:25 F-03	Dr Michał Kuźdżał LABSOFT Wystąpienie firmowe
12:25 - 13:00	Przerwa kawowa/ Sesja plakatowa
Przewodniczący VI sesji naukowej Dr hab. Zofia Kowalewska, prof. PW / Dr Sławomir Garboś	
13:00 - 13:15 K-10	Prof. dr hab. Bożena Czech , Artur Sokołowski Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie Biowęgle w remediacji skażonej gleby
13:15 - 13:30 K-11	Dr hab. inż. Jerzy Górecki, prof. AGH¹ , Katarzyna Szybel, Mateusz Wałęka, Miłosz Sowański, Katarzyna Szramowiat-Sala, Karel Borovec ¹ Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków Laboratoryjne układy do testów sorbentów do usuwania Hg, CO₂ i LZO z gazów procesowych
13:30 - 13:45 K-12	Dr inż. Paweł Grabowski , Oliwia Liberek, Aneta Lorek Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, Płock Badania jakości biodiesla metodami spektroskopowymi
13:45 - 14:00 K-13	Dr Olha Dushna , Andrzej Gawor, Renata Bilewicz, Ewa Bulska Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Warszawa Elektrochemiczny sposób defluorowania leków fluorowanych w środowisku wodnym
14:00 - 14:15 K-14	Dr Andrzej Gawor¹ , Anna Ruszczyńska, Olha Dushna, Karol Pniewski, Witold Owczarek, Ewa Bulska ¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Warszawa Ukryty język białek: proteomiczny obraz łuszczycy

14:15 - 14:30 K-15	Mgr inż. Katarzyna Szybel¹ , Tadeusz Dziok, Jerzy Górecki, Mateusz Chwistek, Karel Borovec ¹ Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków <i>Badanie hydrofobowości toryfikowanej biomasy odpadowej</i>
14:30-14:45	Podsumowanie i zakończenie XXVIII Konferencji
14:45-15:45	Lunch

WYKŁADY

W-01 ÷ W-08

W-01

Mikrobiom jako źródło informacji o pochodzeniu geograficznym i botanicznym miodów

Bogusław Buszewski¹, Dominika Błońska^{1,2}, Michał Szumski^{1,3}

¹*Kujawsko-Pomorskie Centrum Naukowo-Technologiczne im. Prof. Jana Czochralskiego
ul. Krasieńskiego 4, 87-100, Toruń*

²*Katedra Chemii Środowiska i Bioanalizy, Wydział Chemii UMK w Toruniu
ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń*

³*Instytut Studiów Zaawansowanych/Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii - BioSep,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Wileńska 4, 87-100 Toruń*

Analiza mikrobiomu ma ogromne znaczenie nie tylko w próbkach klinicznych, ale także środowiskowych. Monitorowanie i kontrola jakości ekosystemu wiąże się również z oceną i jakością produktów spożywczych. Identyfikacja patogenów w próbkach biologicznych pozwala na szybką diagnozę, a co za tym idzie, dobór odpowiedniej terapii, a także przeciwdziałanie negatywnym skutkom jakości surowców i produktów. Ponadto, wykrywanie i charakteryzowanie mikrobiomów środowiskowych i klinicznych na podstawie różnych matryc ma kluczowe znaczenie dla identyfikacji ich metabolitów wtórnych, które mogą potencjalnie służyć jako środki przeciwdrobnoustrojowe. Ważnym aspektem są trudne w hodowli bakterie, które mogą stanowić źródło nowych leków. Ich hodowla z matryc środowiskowych, takich jak gleba, jest możliwa dzięki zastosowaniu technologii tzw. chipu izolacyjnego (*iChip*). Takie podejście pozwala na wzrost bakterii w warunkach zbliżonych do ich naturalnego środowiska. Dlatego techniki obrazowania i separacyjne, a w szczególności strefowa elektroforeza kapilarna (CZE) i/lub frakcjonowanie w polu przepływu (FFF), odgrywają kluczową rolę w analizie mikrobiomu. Techniki te, oprócz rozdzielania/frakcjonowania mieszanin patogenów, umożliwiają zagęszczenie i wstępne oczyszczenie próbek przed ich ostateczną analizą z wykorzystaniem spektrometrii mas jak detekcji. Możliwe jest również określenie ładunku na powierzchni mikrobiomu oraz grup funkcyjnych odpowiedzialnych za proces separacji poprzez oddziaływania specyficzne i niespecyficzne (mechanizm).

Spektrometria laserowej desorpcji i jonizacji (LDI) w formie MALDI-TOF/MS została wykorzystana do identyfikacji poszczególnych mikrobiomów wyizolowanych z próbek miodu z różnych kontynentów i krajów. Zastosowanie technik obrazowania mikroskopowego do charakterystyki pyłku roślin miodowych oraz stworzenie bazy danych opartej na sztucznej inteligencji uzupełniło warsztat badawczy. Połączenie metod separacji i/lub elektromigracji z detekcją widmową nie tylko ułatwia identyfikację mikroorganizmów, ale także zapewnia wgląd w strukturę i rodzaj mikrobiomu. Co więcej, zastosowanie tej kombinacji może dostarczyć interesujących informacji na temat autentyczności i jakości wybranych surowców i produktów naturalnych, gdzie mikrobiom może być czynnikiem determinującym jakość i autentyczność. Techniki te zapewniają kompleksowe podejście do charakterystyki zróżnicowanych mikrobiomów, a uzyskane dane pozwoliły nam określić botaniczne i geograficzne pochodzenie badanych próbek.

W-02

Spójność pomiarowa w erze sztucznej inteligencji: od danych metrologicznych do wiarygodnych decyzji

Ewa Bulska

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, Warszawa
ebulska@chem.uw.edu.pl*

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji, chemometrii oraz narzędzi cyfrowych właściwych dla koncepcji Laboratorium 4.0 istotnie zmienia sposób prowadzenia badań, przetwarzania danych i wspomagania decyzji w nowoczesnych laboratoriach. Równocześnie wzrasta znaczenie zagadnienia wiarygodności wyniku pomiaru oraz jakości danych wykorzystywanych zarówno w klasycznych procedurach analitycznych, jak i w modelach sztucznej inteligencji AI. W wystąpieniu omówiona zostanie rola spójności pomiarowej w badaniach naukowych i praktyce laboratoryjnej, ze szczególnym uwzględnieniem środowisk, w których wykorzystywane są algorytmy AI do interpretacji danych, klasyfikacji obiektów oraz wspomagania decyzji eksperckich. Zostanie pokazane, że użyteczność systemów AI jest bezpośrednio zależna od jakości danych wejściowych, ich udokumentowanego pochodzenia, właściwego oszacowania niepewności oraz zachowania odniesienia do uznanych wzorców i jednostek miar. W tym ujęciu sztuczna inteligencja powinna być traktowana jako narzędzie wspierające proces analityczny i decyzyjny, a nie jako autonomiczne źródło wiarygodności wyniku.

Szczególna uwaga zostanie poświęcona formalnym podstawom wykazywania spójności pomiarowej, w tym wzorcowania, weryfikacji oraz walidacji. Przedstawione zostanie znaczenie materiałów odniesienia i certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), którym towarzyszy dokumentacja zawierająca przypisane wartości właściwości wraz z odpowiadającymi im niepewnościami i spójnością, uzyskanymi przy użyciu zwalidowanych procedur. Omówiona zostanie również hierarchia wzorców i materiałów odniesienia oraz ich znaczenie dla formalnego wykazania spójności pomiarowej w praktyce laboratoryjnej.

Tezą wystąpienia jest stwierdzenie, że w nowoczesnym laboratorium zaufanie do wyniku nie wynika z samej skuteczności algorytmu AI, lecz z metrologicznie potwierdzonej jakości danych, udokumentowanej niepewności, właściwie dobranych materiałów odniesienia, zachowania odniesienia do SI oraz nadzoru eksperckiego nad całym procesem pomiarowym. AI i rozwiązania cyfrowe mogą istotnie zwiększać efektywność i możliwości interpretacyjne laboratorium, jednak fundamentem wiarygodności wyniku pozostaje spójność pomiarowa

Literatura:

- [1] Od wzorca do wyniku. Praktyczny przewodnik dla pracowników laboratorium. Wybór i stosowanie chemicznych materiałów odniesienia, Bulska E., Gawor A., Karasiński J., Ruszczyńska A., Tupys A., Wojciechowski M., wyd. Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego (2026), ISBN 978-83-979743-0-2.
- [2] Metrologia chemiczna. Sztuka prowadzenia pomiarów, Bulska E. Wydawnictwo Malamut (2012), ISBN 978-83-934442-2-9.

W-03

Analityka nowo pojawiających się zanieczyszczeń środowiska - nowe podejścia analityczne i aktualne wyzwania metodyczne

Anna Białk-Bielińska^{1*}, Klaudia Godlewska¹, Anna Rojewska¹, Monika Paszkiewicz¹,
Paweł Mazierski², Anita Sosnowska³, Szymon Zbydel³, Daniel Górczyński², Tomasz Puzyn³,
Adriana Zaleska-Medynska², Piotr Stepnowski¹, Paweł Rostkowski⁴

¹*Katedra Analizy Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk*

²*Katedra Technologii Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk*

³*Pracownia Chemoinformatyki Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański*

ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk

⁴*NILU, 2027 Kjeller, Norwegia*

**anna.bialk-bielinska@ug.edu.pl*

Nowo pojawiające się zanieczyszczenia środowiska stanowią istotne wyzwanie dla analityki śladowej ze względu na ich bardzo niskie stężenia oraz złożoność matryc środowiskowych. W ciągu ostatnich dekad opracowano i wdrożono liczne metodyki analityczne ich oznaczania, co przyczyniło się do znaczącego poszerzenia wiedzy na temat ich występowania i losów w środowisku. Pomimo tego nadal aktualne pozostają wyzwania związane z opracowywaniem bardziej wydajnych i jednocześnie zrównoważonych procedur analitycznych, zapewnieniem reprezentatywności próbek oraz harmonizacją stosowanych podejść metodycznych. W trakcie wystąpienia zaprezentowane zostaną przykłady zastosowania nowoczesnych materiałów sorpcyjnych, takich jak nanorurki węglowe (CNTs) oraz struktury metalo-organiczne (MOF) w technikach dozymetrii pasywnej. Omówione zostaną również możliwości wykorzystania sorbentów typu *mixed-mode*, zapewniających zróżnicowane mechanizmy oddziaływań z analitami o odmiennych właściwościach fizykochemicznych. Ponadto podkreślone zostanie znaczenie integracji analiz celowanych i niecelowanych z wykorzystaniem wysokorozdzielczej spektrometrii mas (LC-HRMS), a także rola zaawansowanych metod przetwarzania danych i właściwego doboru strategii analitycznej. Wskazane aspekty bezpośrednio przekładają się na konieczność dalszej harmonizacji metodyk oraz zapewnienia wysokiej jakości i porównywalności wyników analitycznych.

W-04

Analizyiczne aspekty oznaczania arsenu i jego form specyacyjnych w rybach i owocach morza

Ryszard Dobrowolski^{1*}, Agnieszka Nawrocka², Rafał Olchowski³

¹*Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Plac Marii-Curie Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin*

²*Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Aleja Partyzantów 57, 24-100 Puławy*

³*Zakład Farmakologii, Toksykologii i Ochrony Środowiska, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Przyrodniczy
Akademicka 12, 20-950 Lublin*

**ryszard.dobrowolski@mail.umcs.pl*

Arsen jest wszechobecny w środowisku, gdzie występuje w formie związków nieorganicznych i organicznych, znacznie różniących się biodostępnością i toksycznością względem organizmów żywych. Związki arsenu mają zdolność migrowania i bioakumulacji w poszczególnych elementach środowiska: powietrzu, glebie i wodzie, a w konsekwencji mogą włączać się w łańcuch pokarmowy. Najbardziej toksycznymi formami arsenu są As(III) i As(V). Kwas monometyloarsenowy (MMA) i kwas dimetyloarsenowy (DMA) klasyfikuje się jako „potencjalnie toksyczne” dla ludzi. Natomiast arsenobetaina (AsB) i arsenocholina (AsC) uznawane za nietoksyczne związki arsenu, mają szczególną tendencję do kumulacji w organizmach morskich. Określenie całkowitej zawartości As jest niewystarczające do oceny jego toksyczności i biodostępności. Aby w sposób wiarygodny ocenić zagrożenie płynące ze spożywania ryb i owoców morza konieczna jest identyfikacja i analiza ilościowa zawartych w nich form specyacyjnych pierwiastka.

Przedmiotem wykładu będzie przedstawienie wyników oznaczeń zawartości arsenu całkowitego oraz jego form specyacyjnych w mięśniach różnych gatunków ryb i owoców morza z zastosowaniem techniki ICP-MS oraz techniki sprzężonej IC-ICP-MS. Ustalono, że zawartość poszczególnych form specyacyjnych arsenu w badanych gatunkach ryb i owoców morza tworzy następującą sekwencję: AsB > DMA > AsC > As(V) > MMA > As(III). Analiza wyników przy założeniu przeciętnego scenariusza narażenia, wskazuje na niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia zdrowia. Przy przyjęciu najbardziej pesymistycznego scenariusza narażenia spożycie ryb i owoców morza może być niebezpieczne dla dzieci.

W-05

Chemiczne ślady przeszłości zapisane w bursztynie - projekt retroAMBER

Paweł Hać^{1,2}, Bożena Zabiegała¹, Marek Tobiszewski¹, Piotr Konieczka^{1*}

¹Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska

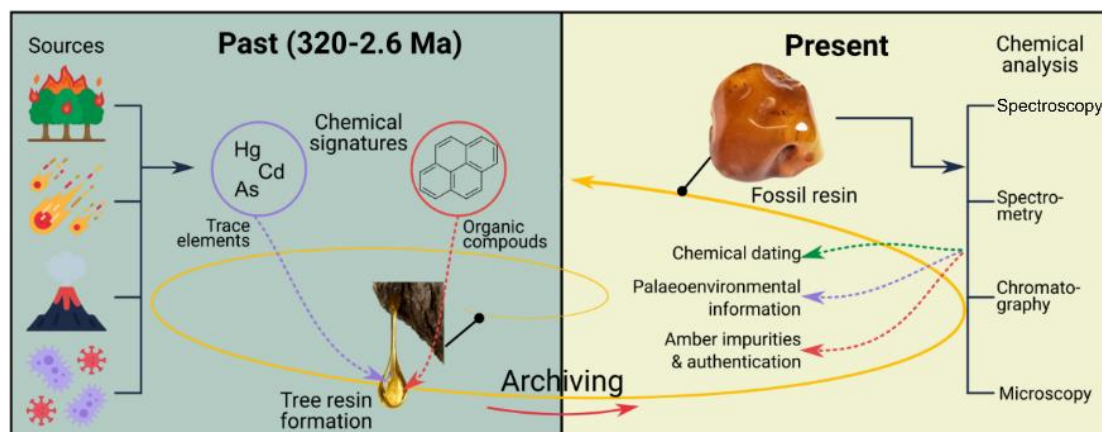
²Institut of Analytical and Physical Chemistry for the Environment and Materials (IPREM-UMR5254), CNRS,
UPPA, Hélioparc, 2, Av. Pr. Angot, Pau, 64053, France

*piotr.konieczka@pg.edu.pl

Sygnatury chemiczne to charakterystyczne profile związków i pierwiastków odzwierciedlające stan środowiska w określonym czasie. W przypadku dawnych okresów geologicznych liczba materiałów zdolnych do trwałego zachowania takich informacji jest bardzo ograniczona, a dodatkowym wyzwaniem pozostaje ich stabilność oraz możliwość miarodajnego odczytu analitycznego.

Żywyce kopalne, w tym bursztyn, stanowią wyjątkowo trwałe materiały organiczne, potencjalnie zdolne do przechowywania sygnatur środowiskowych przez miliony lat. Mimo ich szerokiego zastosowania w badaniach paleobiologicznych, potencjał tych materiałów jako nośników informacji chemicznej pozostaje wciąż niedostatecznie rozpoznany.

Celem projektu retroAMBER jest opracowanie procedur przygotowania próbek oraz metod analitycznych umożliwiających oznaczanie dwóch grup wskaźników środowiskowych w żywicach kopalnych: wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) i ich pochodnych oraz wybranych pierwiastków śladowych.



Rys. 1. Schemat cyklu emisji, archiwizacji i odczytania sygnatury chemicznej w bursztynie.

Podziękowania: Autorzy dziękują Narodowemu Centrum Nauki (NCN) za finansowanie projektu „Otwarcie „bursztynowego okna” - dogłębna i kompleksowa analiza wybranych organicznych i nieorganicznych sygnatur chemicznych zawartych w kopalnych żywicach - retrospektywna analiza środowiskowa” (retroAMBER). Numer umowy UMO-2024/55/B/ST10/00654.

Głównym badaczem tego projektu jest prof. Piotr Konieczka.

W-06

Gadał dziad(ers) do obrazu... O księciu, smoku i materii nietypowej

Jerzy Silberring

*AGH w Krakowie, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
jerzy.silberring@agh.edu.pl*

Za górami, za lasami była sobie wieś, o której nikt nie słyszał...

Aż pojawił się książę zaklęty w przedsiębiorcę, który wcale nie szukał żony. Powód był prosty, był już żonaty, a do tego z artystką. Za to smoka zabraknąć nie mogło, tyle że nie zionął ogniem i siarką, lecz niechęcią do Nowego. Oswajanie potwora zajęło sporo czasu i wysiłku, ale ostatecznie udało się go pokonać podstępem, dzięki księciu, jego małżonce i wiernemu giermkowi. I wszyscy żyli długo i szczęśliwie, a przy okazji przemienili wioskę zagubioną wśród pól, lasów i rzek w tętniącą życiem znaną miejscowość i wybudzili jej mieszkańców z wieloletniego snu [1]. A że tam z nimi byłem i wino piłem, to opowiem wszystko po kolei.

Ten nieco przydługi wstęp to tylko pretekst, bo oczywiście zagadnienia analityczne omówione być muszą, i to w wydaniu ekstremalnym (!).

Literatura:

[1] Silberring J. *Space & Form*. 2025, 63, 201-216.

W-07

Sztuczna inteligencja w naukach sądowych - między postępem technologicznym a ryzykiem poznawczym i prawnym

Dariusz Zuba

*Instytut Ekspertyz Sądowych im. prof. dra Jana Sehna w Krakowie
Westerplatte 9, 31-033 Kraków*

Wystąpienie będzie kontynuacją rozważań na temat szans i zagrożeń związanych ze stosowaniem sztucznej inteligencji (AI) w naukach sądowych, przedstawionych podczas konferencji w 2023 roku. Celem referatu będzie konfrontacja prognoz z aktualnym stanem rozwoju technologii oraz analiza wpływu tej ewolucji na codzienną praktykę analityczną i opiniodawczą.

Obecnie narzędzia AI są coraz szerzej wdrażane do rutynowych procedur badawczych stosowanych w laboratoriach kryminalistycznych. Proces ten jest szczególnie widoczny w obszarze informatyki sądowej (automatyzacja analizy treści i obrazów), ale ma również istotne znaczenie w chemii i toksykologii sądowej. W tych dziedzinach algorytmy uczenia maszynowego wspomagają interpretację złożonych danych instrumentalnych, w szczególności pochodzących z metod chromatograficznych i spektrometrycznych. Umożliwiają one bardziej efektywną analizę danych wielowymiarowych, w tym identyfikację nieznanymi substancji czy wykrywanie ich śladowych ilości.

Jednocześnie na znaczeniu zyskują kwestie metodologiczne. Coraz istotniejsze staje się właściwe planowanie eksperymentów, walidacja metod oraz krytyczna ocena wiarygodności uzyskiwanych wyników. Poważnym problemem pozostaje ograniczona interpretowalność zaawansowanych modeli (tzw. efekt „czarnej skrzynki”) oraz ryzyko generowania wyników pozornie spójnych i logicznych, lecz błędnych z punktu widzenia wiedzy eksperckiej.

W referacie omówione zostanie pojęcie ryzyka poznawczego, rozumianego jako zniekształcenie procesu wnioskowania biegłego pod wpływem korzystania z narzędzi AI. Nadmierne zaufanie do algorytmów może prowadzić do osłabienia krytycyzmu oraz trudności w uzasadnieniu opinii przed organami procesowymi. W naukach sądowych wartość dowodowa opiera się bowiem nie tylko na wyniku analizy, ale przede wszystkim na przejrzystości i racjonalności całego procesu myślowego stanowiącego podstawę wydania opinii. Dodatkowo zostaną wskazane ryzyka prawne związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w pracy biegłego, w tym kwestie odpowiedzialności za wynik analizy.

W-08

Chemometria jako narzędzie wspomagające analizę wielowymiarowych danych dla potrzeb wymiaru sprawiedliwości i organów ścigania

Agnieszka Martyna^{1*}, Katarzyna Zielińska², Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik²,
Grzegorz Zadora^{1,3}

¹Zespół Chemii Sądowej, Instytut Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

²Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

³Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. Dra Jana Sehna w Krakowie

Badania dla celów sądowych skupiają się wokół dwóch głównych zagadnień, analizy porównawczej oraz klasyfikacji. Klasyfikacja ma na celu ustalenie autentyczności np. produktów żywnościowych (miody, przyprawy, etc.) lub też ustalenie kategorii, z jakiej analizowany materiał może pochodzić, np. szkło. Problem porównawczy polega na ustaleniu, czy porównywane próbki mogą pochodzić z tego samego źródła (hipoteza H_1), czy też nie (H_2). Analiza taka wymaga oceny ich podobieństwa pod względem częstości występowania ich cech. Podobieństwo między cechami rzadkimi jest znacznie cenniejsze niż między cechami powszechnymi, ponieważ prawdopodobieństwo, że to podobieństwo wystąpiło przypadkowo, jest niskie. Europejska Sieć Instytutów Nauk Sądowych (ENFSI) zaleca stosowanie modeli ilorazu wiarygodności (LR) do interpretacji danych dla potrzeb wymiaru sprawiedliwości [1,2], które pozwalają na ustalenie, która z hipotez jest bardziej wsparta przez rozpatrywane dowody. Niestety modeli LR nie można stosować do danych wielowymiarowych w postaci widm, chromatogramów, czy danych typu *multiway*, np. z pomiarów GC-MS. Wówczas z pomocą przychodzą metody chemometryczne i algorytmy uczenia maszynowego, których zadaniem jest zredukowanie wymiarowości danych oraz wydobycie najbardziej użytecznej informacji. Dla tak zredukowanych danych tworzone są następnie modele LR, zwane hybrydowymi, z powodzeniem stosowane w badaniach dla celów sądowych.

Literatura:

[1] A. Martyna, G. Zadora, D. Ramos, *J Anal Appl Pyrolysis* (2018) 133, 198-215.

[2] A. Martyna, E. Alladio, M. Romagnoli, F. Malaspina, M. Pazzi, *Chemometr Intell Lab Syst* (2025) 264, 105464.

KOMUNIKATY

K-01 ÷ K-15

K-01

Precyzja i dokładność równoczesnych pomiarów zawartości pierwiastków śladowych i składu izotopowego Sr w bio-apatycie metodą ablacji laserowej sprzężonej z QQQ-ICPMS i MC-ICPMS

Robert Anczkiewicz^{1*}, Szymon Mianowski^{1,2}, Maria Dądela¹, Luca Bondioli¹, Alessia Nawa²

¹*Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, Senacka 1, 31-002 Kraków*

²*Department of Odontostomatological and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome*

**ndanczki@cyfronet.pl*

Bioapatyt, główny składnik tkanek kostnych i zębów, ma wyjątkową zdolność inkorporowania szerokiego spektrum pierwiastków śladowych, których zawartość i skład izotopowy pozwalają na badanie (paleo)-ekologii, -mobilności, -behawioryzmu ssaków, czy historii i ewolucji człowieka. Analizy *in situ* oferują wysoką rozdzielczość przestrzenną, która w połączeniu z histomorfometrią umożliwia korelacje zmian chemicznych i izotopowych z postępującym procesem bio-mineralizacji z sub-tygodniową rozdzielczością.

W niniejszym badaniu dokumentujemy precyzję i dokładność równoczesnych pomiarów zawartości pierwiastków śladowych i składu izotopowego Sr z zastosowaniem ablacji laserowej sprzężonej z QQQ ICPMS i MC ICPMS. Konfiguracja instrumentalna oparta jest na swobodnym przepływie gazu i kieruje ~80% aerozolu do pomiarów izotopów Sr, a pozostałą frakcję do analiz pierwiastków śladowych. W przypadku wielokolektorowego ICPMS zastosowaliśmy stożki wysokiej czułości, które skutkują wysoką produkcją argidów i dimerów interferujących na izotopach Sr. Inne efekty matrycowe mogą pojawić się jedynie w przypadku wysokiej produkcji tlenków, jednakże są łatwo kontrolowalne. Osiągnięta precyzja wewnętrzna dla powszechnie używanych materiałów odniesienia mieści się w zakresie od 15 do 40 ppm (2RSE), co przy porównywalnej wiązce jonów i czasie integracji odpowiada precyzji analiz opartych na roztworach. Pomiary są dokładne przy precyzji zewnętrznej 40 ppm (2RSD). Potencjał naszej konfiguracji prezentujemy na przykładzie analiz wysokiej rozdzielczości przestrzennej współczesnych i archeologicznych okazów zębów ludzkich.

K-02

Tandemowa i wysokorozdzielcza spektrometria mas w analizie śladowej markerów bojowych środków trujących i materiałów wybuchowych w środowisku Morza Bałtyckiego

Stanisław Popiel*, Diana Gordon, Jakub Nawała

*Wydział Nowych Technologii i Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna
ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
stanislaw.popiel@wat.edu.pl

Cel i zakres badań: Celem pracy było zbadanie przemian bojowych środków trujących (iperyt siarkowy, Clark I) oraz materiałów wybuchowych (TNT, RDX) w środowisku morskim (woda, osad jałowy i niejałowy z Morza Bałtyckiego). Celem szczegółowym było wykazanie wpływu procesów hydrolizy oraz aktywności mikroorganizmów na kinetykę degradacji badanych substancji w warunkach środowiska morskiego.

Metodyka: Opracowano wysokoczułe metody analityczne z wykorzystaniem GC-MS/MS oraz LC-MS/MS do oznaczeń ilościowych. Do identyfikacji polarnych produktów rozkładu trotylu zastosowano wysokorozdzielczą spektrometrię mas (LC-Orbitrap).

Wyniki: W symulowanych warunkach środowiska morskiego wyznaczono kinetykę przemian, stałe szybkości rozkładu oraz energie aktywacji hydrolizy iperytu i Clarka I. Zidentyfikowano kluczowe produkty degradacji. Opracowane metody z powodzeniem zastosowano do analizy ilościowej rzeczywistych próbek osadów pobranych z dna Morza Bałtyckiego.

Wnioski: Wyniki badań dostarczają narzędzi do monitoringu skażonych obszarów morskich oraz stanowią podstawę do opracowania skutecznych metod ich remediacji.

Podziękowania, finansowanie: Praca finansowana przez Unię Europejską w programie Interreg Region Morza Bałtyckiego jako część projektu #C056 MUNIMAP (*Baltic Sea Munitions Remediation Roadmap*).

K-03

Aspekty metodologiczne przygotowania próbki suszu konopnego oraz wpływ domowych narzędzi do przygotowania na wprowadzane zanieczyszczenia metaliczne

Jan Piecuch^{1,2*}, Ewelina Pollak-Kowa^{1,2}, Anna Telk¹, Marcin Wieczorek¹

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Zakład Chemii Analitycznej
ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

² Uniwersytet Jagielloński, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych
ul. prof. S. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

*jan.piecuch@doctoral.uj.edu.pl

Konopie są roślinami znanymi ludzkości od tysięcy lat i przez długi czas były szeroko wykorzystywane oraz intensywnie uprawiane [1]. W ostatnich dekadach, na skutek rygorystycznych regulacji prawnych, zainteresowanie ich zastosowaniami uległo znacznemu ograniczeniu. Obecnie obserwuje się jednak wyraźny renesans konopi, związany z rosnącym zainteresowaniem ich właściwościami użytkowymi i potencjałem zastosowania medycznego [2].

Wzrost popularności produktów konopnych stosowanych w celach rekreacyjnych i medycznych wiąże się z ich powszechnym przygotowywaniem w warunkach domowych. Rozdrabnianie materiału z wykorzystaniem różnych narzędzi może istotnie wpłynąć na profil pierwiastkowy konopi.

Podczas badania sprawdzono skład pierwiastkowy wybranych produktów konopnych dostępnych w lokalnych sklepach oraz sprzedawanych w internecie. Następnie jeden wybrany produkt został zmielony przy użyciu dostępnych komercyjnie młynków do rozdrabniania suszu wykonanych z różnych materiałów. Do oznaczenia pierwiastków wykorzystano technikę spektrometrii mas z jonizacją w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-MS) oraz optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES). Skład młynków komercyjnych został oszacowany z wykorzystaniem przenośnego spektrometru fluorescencji rentgenowskiej (XRF). W próbkach oznaczono między innymi: Cd, Cu, Ni, Mo, Pb i Ti.

Literatura:

- [1] Schultes R.E., Hofmann A. The Botany and Chemistry of Hallucinogens, Charles C Thomas Publisher, Springfield (1980).
[2] Small E. Bot. Rev. 2015, 81, 189-294.

K-04

Sztuczna inteligencja i zaawansowane techniki statystyczne w analizie próbek archeologicznych

Łukasz Orszański*, Angelina Rosiak, Joanna Kałużna-Czaplińska

Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

**lukasz.orszanski@dokt.p.lodz.pl*

Ceramika pradziejowa jest obiektem badań koncentrujących się na identyfikacji pozostałości organicznych pochodzących z żywności przygotowywanej w naczyniach glinianych w minionych wiekach. W badaniach wykorzystywane są przede wszystkim metody chromatograficzne, w tym chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas (GC-MS) [1], oraz sztuczna inteligencja (AI) [2], która odgrywa coraz istotniejszą rolę w analizie danych chromatograficznych, ponieważ pozwala na przetwarzanie danych wielowymiarowych i rejestrowanie złożonych zależności nieliniowych.

Celem prezentowanych badań było wdrożenie zaawansowanych metod statystycznych do analizy wyników badań GC-MS próbek ceramiki neolitycznej pochodzącej z 18 osad neolitycznych zlokalizowanych na terenie Polski. Do porównania zwyczajów dietetycznych społeczności żyjących w tych osadach zastosowano algorytmy uczenia maszynowego takie jak analiza głównych składowych (PCA) i klasteryzacja oraz permutacyjna wielowymiarowa analiza wariancji (PERMANOVA). Otrzymane wyniki sugerują, że w przypadku wszystkich osad dieta miała charakter mieszany roślinno-zwierzęcy. W kilku próbkach udało się również zidentyfikować mleko lub mięso przeżuwaczy.

W ramach dalszych prac przewiduje się zaproponowanie nowego kierunku w interpretacji wyników badań próbek archeologicznych z wykorzystaniem narzędzi AI. Planowane jest zastosowanie probabilistycznego modelu klasyfikacyjnego, który zostanie wytrenowany w oparciu o wyniki badań próbek naczyń eksperymentalnych. Otrzymany model może znaleźć zastosowanie do analizy próbek archeologicznych i przyczynić się do lepszego poznania zwyczajów żywieniowych naszych przodków.

Podziękowania, finansowanie: Finansowanie z grantu wewnętrznego NR W-3D/FU²N/9/2026/G w ramach programu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców”.

Literatura:

- [1] A. Rosiak, A. Józefowska, M. Jałowiecka, J. Kałużna-Czaplińska, *Annu. Rev. Mater. Res.* (2025) 55, 451-461.
[2] H. Parastar, P. Weller, *Anal. Chim. Acta* (2025) 1343 343635.

K-05

Czujniki sitodrukowane w analizie śladowej wybranych substancji biologicznie czynnych

Katarzyna Tyszczyk-Rotko

*Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
katarzyna.tyszczyk-rotko@mail.umcs.pl*

Spośród metod elektrochemicznych stosowanych w analizie śladowej należy wymienić woltamperometrię strippingową, zwaną również woltamperometrią z zateżaniem. Granice wykrywalności większości procedur opracowanych z wykorzystaniem tej metody są rzędu 10^{-10} lub 10^{-9} mol·L⁻¹, a w sprzyjających warunkach wynoszą one nawet poniżej 10^{-13} mol·L⁻¹. Wśród całej gamy elektrod stosowanych w woltamperometrii na szczególną uwagę zasługują elektrody sitodrukowane (SPEs, ang. *Screen-Printed Electrodes*). Do niewątpliwych zalet SPEs należy zaliczyć: możliwość stosowania w analizatorach przenośnych oraz praca z niewielkimi objętościami próbek i odczynników, a co za tym idzie, produkcja minimalnej ilości ścieków. Interesujące własności SPEs w połączeniu z odpowiednio dobraną modyfikacją tuszu lub/i powierzchni elektrody pozwalają na oznaczanie zarówno jonów metali [1], jak i szerokiej gamy związków organicznych [2] na niskich poziomach stężeń.

Niniejsza praca to podsumowanie informacji o rodzajach, właściwościach i praktycznym zastosowaniu SPEs, w tym w oznaczeniach śladowych stężeń tiorydazyny (substancji o właściwościach przeciwpsychotycznych) [3], ciprofloksacyny (antybiotyku drugiej generacji, skutecznym zarówno wobec bakterii Gram-ujemnych, jak i Gram-dodatnich) [4].

Literatura:

- [1] J. Barton, M.B.G. García, D.H. Santos, P. Fanjul-Bolado, A. Ribotti, M. McCaul, D. Diamond, P. Magn *Microchim. Acta* (2016) 183, 503-517.
- [2] H.M. Mohamed *TrAC, Trends Anal. Chem.* (2016) 82, 1-11.
- [3] J. Kozak, K. Tyszczyk-Rotko *Measurement* (2023) 217, 113107.
- [4] J. Kozak, K. Tyszczyk-Rotko, D. Gorylewski *Measurement* (2023), 222, 113626.

Ministerstwo
Zdrowia

K-06
**Analityczne aspekty oznaczania steroli
roślinnych w żywności techniką GC-MS**



Sławomir Garboś*, Hanna Mojska

*Pracownia Profilaktyki Chorób Żywieniowozależnych Zakładu Żywienia i Wartości Odżywczej Żywności
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH - Państwowy Instytut Badawczy
Chocimska 24, 00-791 Warszawa, *sgarbos@pzh.gov.pl*

Fitosterole występujące w roślinach można sklasyfikować jako 4-desmetylosterole posiadające dwie grupy metylowe przy węglu C4, 4-metylosterole zawierające jedną grupę metylową przy węglu C4 (zazwyczaj w pozycji 4 α) i 4,4'-dimetylosterole nie posiadające żadnych grup metylowych przy węglu C4. Według doniesień literaturowych, odkryto ponad 200 różnych struktur steroli w szeregu gatunków roślin [1].

Wolne i estryfikowane sterole zawsze stanowią pewną frakcję składników oliwy z oliwek, przy czym ich wymagana prawnie zawartość powinna być równa lub większa od 1000 mg/kg, w oliwie z oliwek typu „extra virgin”, rafinowanej i zwykłej [2]. Pośród zidentyfikowanych 15 steroli we frakcji sterolowej, głównymi komponentami charakteryzującymi oliwę z oliwek są: sitosterol (>75%), Δ 5-avenasterol (4-14%), kampesterol (\leq 4,0%), stigmasterol (\leq 4,0%), cholesterol (\leq 0,5%), brassikasterol (\leq 0,1%- \leq 0,2) - w połączeniu ze znikomą frakcją obejmującą Δ 5,23-stigmastadienol, klerosterol, sitostanol, Δ 5,24-stigmastadienol oraz Δ 7-stigmastenol (\leq 0,5%). Również nasiona rzepaku, słonecznika, soi i sezamu stosowane do wyrobu olejów bogate są przede wszystkim w sitosterol (45-63%), kampesterol i Δ 5-avenasterol, przy czym w przeciwieństwie do wyżej wymienionych, nasiona rzepaku zawierają znaczące ilości brassikasterolu (5-13%) i dużo mniej stigmasterolu (<1%) [2]. W związku z tym, że olej rzepakowy (jako najtańszy) najczęściej służy do zafałszowań oliwy z oliwek, podwyższona zawartość brassikasterolu w tym produkcie może być wykorzystywane do badania autentyczności oliwy z oliwek.

Głównym celem projektu było opracowanie procedury oznaczania fitosteroli techniką chromatografii gazowej z detekcją spektrometrią mas (GC-MS), zamiast powszechnie stosowanej, mniej specyficznej i mniej czułej techniki GC-FID. Dokonano wyboru optymalnej kolumny chromatograficznej i wzorców wewnętrznych do rozdzielania i oznaczeń fitosteroli techniką GC-MS, określono optymalne parametry procesu upochodniania (siliowania) fitosteroli oraz przygotowania i składu rozpuszczalnikowego wzorców do oznaczeń tych związków techniką GC-MS oraz przeprowadzono optymalizację warunków oznaczania tych związków (w tym parametrów rozdzielania chromatograficznego).

Podziękowania, finansowanie: Badania zrealizowano w ramach zadania finansowanego przez Ministra Zdrowia nr NIZP PZH-PIB/2021/1094/1056 i tematu statutowego FŻ.2.26 Analiza stężenia kwasów tłuszczowych i ich metabolitów w płynach ustrojowych, jako markerów stosowanego modelu diety wraz z oceną ich roli w etiologii i profilaktyce chorób żywieniowozależnych,
Kierownik: prof. dr hab. Hanna Mojska.

Literatura:

- [1] Moreau R.A., Whitaker B.D., Hicks K.B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Prog. Lipid Res.* 2002, 41, 457-500.
[2] Jee M. (Ed.). *Oils and fats authentication.* CRC Press LLC (2002).

K-07

Śledzenie szlaków przemian azotu w glebach i wodach z wykorzystaniem analiz izotopowych N₂O i azotu mineralnego

Dominika Lewicka-Szczebak*, Michał Bucha, Sushmita Deb

*Institut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław
dominika.lewicka-szczebak@uwr.edu.pl

Złożony obieg azotu w środowisku, związany z różnorodnymi mikrobiologicznymi przemianami azotu, ma kluczowe znaczenie dla wzajemnego oddziaływania zagadnień rolniczych i środowiskowych. Badania izotopowe różnych związków azotu mogą służyć nie tylko do wykrywania konkretnych ścieżek metabolicznych, ale także do ilościowego określenia nieznanymi wielkości emisji [1].

W niniejszej pracy połączyliśmy analizy izotopowe podstawowych związków azotu w formie mineralnej (azotanów, azotynów) i w formie gazowej (N₂O), co pozwoliło na lepsze zrozumienie złożonych przemian mikrobiologicznych. Analizy wykonano za pomocą spektroskopii CRDS (*Cavity ring-down spectroscopy*) przy użyciu Picarro G5131-i połączonym z SSIM (*small sample injection module*) i autosamplerem SRI. Próbkę azotu mineralnego przeprowadzono do formy gazowej N₂O metodą bakteryjnej denitryfikacji. Strumienie emisji z różnych szlaków zostały oszacowane ilościowo przy użyciu nowatorskiego zastosowania modelowania izotopowego [2].

W przykładowych badaniach terenowych wykazano, iż przemiany organicznych form azotu mają kluczowy wpływ na tworzenie azotanów w zanieczyszczonych wodach podziemnych [3]. W badaniach gleb wykazano dominującą rolę denitryfikacji azotanów glebowych w produkcji N₂O.

Podziękowania, finansowanie: Badania realizowane w ramach projektu NCN Opus 2021/41/B/ST10/01045.

Literatura:

- [1] Deb S., Lewicka-Szczebak D., Rohe L. *Sci. Total Environ.* 2024, 926, 172073.
- [2] Kowalska A. J. *Trace Elem. Anal.* 2022, 12, 72-79.
- [2] Lewicki M.P., Lewicka-Szczebak D., Skrzypek G. *PLoS One.* 2022, 17(11), e0277204.
- [3] Deb S., Espenberg M., Well R., Bucha M., Jakubiak M., Mander U., Jędrysek M.O., Lewicka-Szczebak D. *Biogeosciences*, 2025, 22, 5535-5556.

K-08

Znaczenie materiałów odniesienia dla spójności pomiarowej i interpretacji wyników badań izotopowych

Jakub Karasiński^{1*}, Barbara Wagner¹, Ewa Bulska¹, Klaudia Tettejer¹, Andrzej Gawor¹,
Piotr Radziński², Ludwik Halicz¹

¹Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Warszawa

²Uniwersytet Warszawski, Instytut Informatyki, ul. Stefana Banacha 2, 02-097 Warszawa

*jkarasinski@cnbc.uw.edu.pl

Analiza stosunków izotopowych z wykorzystaniem zaawansowanych technik, takich jak MC-ICP-MS, osiągnęła bardzo wysoki poziom precyzji. Z perspektywy metrologii chemicznej nie przekłada się to jednak bezpośrednio na zapewnienie spójności pomiarowej i wiarygodności wyników. Istotnymi ograniczeniami pozostają m.in. niewystarczająca dostępność certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), ich niedopasowanie matrycowe oraz wysokie niepewności wartości certyfikowanych. Szczególnym wyzwaniem jest również reprezentatywność danych pomiarowych. Bardzo często zdarza się, że analizy opierają się na pojedynczym wyniku, który może nie odzwierciedlać rzeczywistej zmienności składu całego obiektu. Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku materiałów niejednorodnych, takich jak brązy czy obiekty ołowiane.

Przedstawiono wyniki badań obejmujących różnorodne obiekty historyczne, dla których wykonano wielopunktowe analizy składu pierwiastkowego (ICP-MS) oraz izotopowego ołowiu (MC-ICP-MS). Na podstawie analizy statystycznej i szacowania niepewności oceniono wpływ niejednorodności materiału na reprezentatywność wyników uzyskiwanych z pojedynczego pomiaru.

Celem wystąpienia jest wskazanie ograniczeń obecnych podejść metrologicznych w analizie izotopowej oraz podkreślenie konieczności stosowania odpowiednich materiałów odniesienia i uwzględniania niejednorodności materiału w ocenie jakości wyników pomiarowych.

Podziękowania, finansowanie: Polska Metrologia II”, MNiSW, umowa nr PM-II/SP/0062/2024/02.

K-09

Możliwości techniki ICP-MS oraz LA-ICP-MS w analizie ciekłych próbek biologicznych o ograniczonej objętości

Ewelina Pollak-Kowa^{1,2*}, Anna Telk¹, Marcin Wieczorek¹

¹Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

²Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Jagielloński
prof. S. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

*ewelina.kowa@uj.edu.pl

Spektrometria mas z jonizacją w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-MS), z uwagi na swoje liczne zalety (m.in. wysoką czułość i szeroki zakres dynamiczny), jest powszechnie stosowana w analizie próbek biologicznych [1].

Tego typu próbki posiadają jednak złożone matryce, przez co często wymagają czasochłonnego przygotowania do analizy. Dodatkowe utrudnienie stanowi ich ograniczona objętość. Stąd w ostatnich latach obserwuje się tendencję do poszukiwania nowych strategii pozwalających na ograniczenie ilości próbki i uproszczenie procesu jej przygotowania. Jedną z nich jest technika wysuszonej kropli (ang. *dried droplet*), w której próbkę nakrapia się na nośnik i suszy, a następnie np. pobiera bezpośrednio z nośnika za pomocą mikropóbkowania laserowego (LA, ang. *Laser Ablation*). Odparowana porcja materiału jest kolejno transportowana w strumieniu helu do spektrometru ICP-MS. Podejście to wymaga jednak wysokiej jednorodności wysuszonego obszaru próbki, a w praktyce często obserwuje się tzw. efekt pierścienia kawowego [2], który może prowadzić do pogorszenia powtarzalności i dokładności wyników. Podczas wystąpienia zostaną przedstawione możliwości techniki ICP-MS oraz LA-ICP-MS w oznaczaniu wybranych pierwiastków w płynie waginalnym, ze szczególnym uwzględnieniem zużycia próbki, parametrów analitycznych oraz przydatności obu technik do analizy złożonych matryc biologicznych o ograniczonej objętości.

Podziękowania, finansowanie: Niniejsze badania zostały współfinansowane ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości- Uczelnia Badawcza” w Uniwersytecie Jagiellońskim.

Literatura:

- [1] Clases D., Gonzalez de Vega R. *Anal Bioanal Chem.* 2022, 414, 7337-7361.
[2] Yang M., Chen D., Hu J. i in. *Trac- Trends Anal. Chem.* 2022, 157, 116752.

K-10

Biowęgle w remediacji skażonej gleby

Bożena Czech^{*}, Artur Sokołowski

*Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Wydział Chemii
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin*

Biowęgiel to materiał węglowy otrzymany z biomasy przekształconej termicznie w warunkach o ograniczonej dostępności tlenu [1]. Właściwości biowęgla determinowane są zarówno rodzajem zastosowanego materiału wyjściowego, jak i warunkami pirolizy [2]. Stwarza to ogromne możliwości, gdyż z jednej strony można otrzymać biowęgle zaprojektowane do konkretnych celów [3], ale też ogranicza skuteczną kontrolę jakości [4]. Liczne zastosowania biowęgla, w tym jako sorbent wielu zanieczyszczeń środowiskowych, katalizator czy nośnik, a przede wszystkim jako dodatek do gleb, potwierdzają jego uniwersalność. Wprowadzanie biowęgla do gleby daje szereg korzyści: biowęgiel jest źródłem substancji odżywczych, reguluje właściwości fizykochemiczne gleby, w tym obieg substancji toksycznych, wpływa na aktywność mikrobiologiczną gleby, a w konsekwencji na żyzność gleb i plonowanie [5]. Celem badań było określenie bezpieczeństwa stosowania biowęgla różnego pochodzenia na szereg właściwości gleby (aktywność mikrobiologiczna, enzymatyczna), w tym również na losy nowo pojawiających się zanieczyszczeń obecnych w glebie (ftalany). Wyniki wskazują, że pomimo licznych pozytywnych efektów związanych ze stosowaniem biowęgla, konieczne są długoterminowe badania potwierdzające ich bezpieczeństwo, szczególnie w kontakcie z żywnością.

Literatura:

- [1]. J. Li, W. Sun, E. Lichtfouse, C. Maurer, H. Liu Sci. Total Environ 951 (2024) 175448.
- [2]. A. Krzyszcak, M. P. Dybowski, M. Kończak, B. Czech Environ. Res. 214 (2022) 113787.
- [3]. B. Czech, M. Kończak, M. Rakowska, P. Oleszczuk J. Clean. Prod. 288 (2021) 125686.
- [4]. W. Chen, J. Meng, X. Han, Y. Lan, W. Zhang Biochar 1 (2019) 75-87.
- [5]. S. Gul, J.K. Whalen, B.W. Thomas, V. Sachdeva, H. Deng Agric. Ecosyst. Environ. 206 (2015) 46-59.

K-11

Laborytoryjne układy do testów sorbentów do usuwania Hg, CO₂ i LZO z gazów procesowych.

Jerzy Górecki^{1*}, Katarzyna Sztybel¹, Mateusz Wałęka¹, Miłosz Sowański¹, Katarzyna Szramowiat-Sala¹, Karel Borovec²

¹*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*
²*VŠB-Technical University of Ostrava Energy Research Centre, 17 Listopadu 15/2172, 708-33 Ostrava, Poruba, Czech Republic*
**gorecki@agh.edu.pl*

Rozwój technologii ograniczania emisji zanieczyszczeń gazowych wymaga wiarygodnych metod oceny skuteczności sorbentów w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Sorbenty stałe, takie jak materiały węglowe i zeolity, znajdują szerokie zastosowanie w usuwaniu rtęci, CO₂ oraz lotnych związków organicznych (LZO), przy czym ich efektywność zależy od właściwości materiałowych oraz parametrów procesu, w szczególności temperatury, czasu kontaktu i składu gazu. W wystąpieniu prezentowane są trzy układy do testowania sorbentów, umożliwiające prowadzenie badań w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych. Pierwszym z nich jest wibracyjny układ do testów sorbentów do usuwania rtęci ze spalin. Zasada działania oparta jest na kontrolowanym dozowaniu sorbentu do strumienia gazu, co pozwala na odwzorowanie rzeczywistych warunków wtłoku i analizę skuteczności sorpcji w funkcji temperatury oraz czasu kontaktu. Drugim rozwiązaniem jest układ do testów sorbentów do usuwania CO₂, umożliwiający stabilizację warunków przepływu oraz precyzyjną kontrolę stężenia CO₂, co pozwala na wyznaczenie parametrów adsorpcyjnych sorbentów i porównanie ich efektywności. Trzeci, obecnie opracowywany układ umożliwia testy sorbentów do usuwania LZO z gazów. Różnice w mechanizmach oddziaływania sorbent–zanieczyszczenie, obejmujące chemisorpcję w przypadku Hg, adsorpcję fizyczną dla CO₂ oraz złożone oddziaływania sorpcyjne dla LZO, determinują konieczność wykorzystywania różnych konstrukcji układów badawczych, w szczególności w zakresie sposobu dozowania sorbentu, kontroli czasu kontaktu oraz warunków procesu.

Podziękowania, finansowanie: Badania były finansowane z: National Energy Center II of Czech Republic, project No. TN02000025 - New Progressive Technologies for Energy i grantu AGH nr 16.16.210.476.

K-12

Badania jakości biodiesla metodami spektroskopowymi

Paweł Grabowski^{*}, Oliwia Liberek, Aneta Lorek

*Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska
Łukasiewicza 17, 09-400 Płock
^{*}pawel.grabowski@pw.edu.pl*

Analiza jakości biodiesla odgrywa współcześnie coraz to większe znaczenie. Wynika to z dużej zmienności surowców do produkcji FAME, jako jednego z kluczowych biokomponentów. Zgodnie z metodami normowymi metody spektrometryczne stosowane są do badania zawartości metali I i II grupy UOP oraz fosforu i siarki. Brak jest bezpośredniego wskazania w normach dotyczących FAME możliwości zastosowania spektrometrii UV-VIS, IR lub Ramana w badaniach jakości FAME, jako samoistnego paliwa lub biokomponentu.

Na podstawie zrealizowanych badań można zaobserwować szczególne znaczenie wymienionych metod spektroskopowych do obserwacji zmian jakości biopaliw i biokomponentów podczas ich magazynowania. Szczególnie znaczenie może mieć spektroskopia UV-VIS, która pozwala obserwować zmiany zawartości barwników beta-karotenoidowych. Dodatkowo, dzięki zastosowaniu spektroskopii IR można obserwować zmiany wynikające z powstających produktów utleniania oraz grup mogących tworzyć wiązania wodorowe. Spektrometria IR posiada szczególne zastosowanie nie tylko w przypadku biokomponentu, ale może być również wykorzystania do badania jakości oleju posmażalniczego wykorzystywanego w produkcji UCO-FAME.

Szczególnym rodzajem spektrometrii może być spektrometria Ramana, która pozwala obserwować zmiany charakterystycznych dla FAME grup C=O oraz wiązań podwójnych. Technika ta pozwala na ocenę pochodzenia surowca oraz obserwowanie zmian próbek biodiesla związane ze zmianą fluorescencji.

K-13

Elektrochemiczny sposób defluorowania leków fluorowanych w środowisku wodnym

Olha Dushna*, Andrzej Gawor, Renata Bilewicz, Ewa Bulska

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
o.dushna@uw.edu.pl

Leki fluorowane stanowią istotną grupę współczesnych substancji farmaceutycznych, jednak ich obecność w środowisku wodnym budzi rosnące obawy ze względu na wysoką trwałość wynikającą z obecności silnych wiązań C–F (≈ 485 kJ/mol). Ich szerokie zastosowanie prowadzi do akumulacji w wodach naturalnych oraz ograniczonej podatności na degradację.

Celem naszej pracy było opracowanie sposobu elektrochemicznego defluorowania leków zawierających pojedynczy atom fluoru w cząsteczce: lewofloksacyny, cyprofloksacyny oraz ripasudilu. Z uwagi na ich dużą trwałość chemiczną, substancje te są trudne do rozkładu metodami naturalnymi i stanowią istotne źródło zanieczyszczeń ekosystemów wodnych.

Proces elektrochemiczny prowadzono z wykorzystaniem elektrody z węgla szklanego w 0,1 mol/l buforze fosforanowym (pH 7,0) przy potencjale -1,35 V, w zakresie wydzielania wodoru. Wydzielający się wodór zapobiegał pasywacji elektrody przez produkty redukcji, co umożliwiało ciągłość procesu. Optymalizacja parametrów pozwoliła na efektywne rozerwanie wiązań C–F w czasie 6-7 godzin elektrolizy. Uwalnianie jonów fluorkowych do roztworu monitorowano za pomocą elektrody jonoselektywnej, a końcowe produkty identyfikowano techniką wysokorozdzielczej spektrometrii mas. Wykazano całkowite usunięcie fluoru po 6-7 godzinach elektrolizy. Metoda została zweryfikowana w próbkach rzeczywistych (woda wodociągowa i rzeczna) w zakresie stężeń 4,5 mg/l - 152 mg/l, uzyskując efektywność procesu w przedziale 96-102%.

Uzyskane wyniki potwierdzają wysoką skuteczność, selektywność metody na wpływ matrycy, wskazując na jej potencjał w zastosowaniach środowiskowych związanych z usuwaniem trwałych zanieczyszczeń farmaceutycznych.

K-14

Ukryty język białek: proteomiczny obraz łuszczycy

Andrzej Gawor^{1*}, Anna Ruszczyńska¹, Olha Dushna¹, Karol Pniewski², Witold Owczarek²,
Ewa Bulska¹

¹Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych,
ul. Żwirki i Wigury 101, Warszawa

²Wojskowy Instytut Medyczny - Państwowy Instytut Badawczy, Klinika Dermatologiczna
ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa

*ag.gawor@uw.edu.pl

Proteomika jest jedną z kluczowych dziedzin współczesnych nauk biomedycznych, koncentrującą się na kompleksowej analizie białek, ich ilości, struktur, modyfikacji potranslacyjnych oraz wzajemnych interakcji w komórkach i tkankach. W odróżnieniu od badań genomowych i transkryptomycznych, proteomika pozwala uchwycić funkcjonalny obraz procesów biologicznych, ponieważ to właśnie białka stanowią bezpośrednich wykonawców odpowiedzi komórkowej i tkankowej. Dynamiczny rozwój wysokorozdzielczej spektrometrii mas oraz narzędzi bioinformatycznych sprawił, że możliwa stała się jednoczasowa identyfikacja i ilościowa analiza tysięcy białek w złożonych materiałach biologicznych. Dzięki temu proteomika stała się istotnym narzędziem w badaniach patogenezy chorób, poszukiwaniu biomarkerów oraz rozwoju medycyny precyzyjnej. Podejście to zyskało szczególne znaczenie w badaniach chorób zapalnych skóry, w tym łuszczycy, która jest przewlekłą, immunozależną dermatozą o złożonym podłożu molekularnym. Analizy proteomiczne wykazały, że skóra zmieniona łuszczycowo cechuje się wyraźnie odmiennym profilem białkowym w porównaniu ze skórą zdrową i klinicznie niezmienioną, obejmującym białka związane z odpowiedzią zapalną, aktywacją odporności wrodzonej, różnicowaniem keratynocytów, przebudową naskórka oraz regulacją szlaków IL-17 i IL-36. Wyniki tych badań wskazują, że proteomika nie tylko pogłębia zrozumienie mechanizmów patogenetycznych łuszczycy, lecz również stwarza realne możliwości identyfikacji biomarkerów diagnostycznych, prognostycznych i predykcyjnych, które w przyszłości mogą wspierać dobór terapii celowanych oraz rozwój strategii leczenia spersonalizowanego. Badania w tym obszarze prowadzone są we współpracy z Wojskowym Instytutem Medycznym - Państwowym Instytutem Badawczym (WIM-PIB) w Warszawie, co wzmacnia ich wymiar translacyjny i podkreśla znaczenie interdyscyplinarnego podejścia łączącego nauki podstawowe z praktyką kliniczną.

K-15

Badanie hydrofobowości toryfikowanej biomasy odpadowej

Katarzyna Sztybel^{1*}, Tadeusz Dziok¹, Jerzy Górecki¹, Mateusz Chwistek¹, Karel Borovec²

¹*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,*

²*VŠB-Technical University of Ostrava Energy Research Centre
17 Listopadu 15/2172, 708-33 Ostrava, Poruba, Czech Republic*

**kszybel@agh.edu.pl*

Biomasa odpadowa, w szczególności liście z terenów miejskich, stanowi znaczący, lecz wciąż niedostatecznie wykorzystywany strumień surowców energetycznych. Jednym z parametrów decydujących o możliwości jej wykorzystania jako paliwa stałego jest hydrofobowość, wpływająca na podatność materiału na zawilgocenie podczas magazynowania i transportu. Materiał badawczy stanowiły liście drzew miejskich (buk, brzoza, klon, dąb, topola), trawy ozdobne (miskantus) oraz gałązki jodły. Przeprowadzono proces toryfikacji biomasy odpadowej z wykorzystaniem wibracji i bez wibracji oraz wykonano analizę składu elementarnego substratu i produktu, a także ocenę hydrofobowości materiału surowego i toryfikatu. W celu zapewnienia powtarzalności pomiarów próbki rozdrabniano (<1 mm), następnie toryfikowano w reaktorze stacjonarnym i wibracyjnym w temperaturze 240-280°C przez 2-10 min. Materiał prasowano w pastylki (Ø6 mm, 0,20 g), a hydrofobowość oceniano metodą czasu penetracji kropli wody (WDPT, ang. *Water Droplet Penetration Time*), polegającą na pomiarze czasu wnikania kropli o objętości 15 µL w strukturę pelletu. Metodę tę wybrano ze względu na wysoką powtarzalność oraz możliwość jednoczesnej oceny właściwości powierzchniowych i struktury porowatej. Wyniki wykazały, że toryfikacja znacząco zwiększa hydrofobowość biomasy - wartości WDPT wzrosły z ok. 100 s dla materiałów surowych do rzędu 10²-10³ s po procesie. Największy wpływ na wzrost hydrofobowości miała temperatura, natomiast czas przebywania w komorze miał mniejsze znaczenie. Toryfikacja wspomagana wibracjami w części przypadków dodatkowo zwiększała hydrofobowość, zależnie od rodzaju biomasy. Badania potwierdzają przydatność techniki analitycznej WDPT jako powtarzalnej techniki oceny hydrofobowości oraz wskazują na możliwość wykorzystania miejskiej biomasy odpadowej do produkcji paliw stałych o podwyższonej odporności na wilgoć.

**PREZENTACJE OSÓB
NAGRODZONYCH PRZEZ
KOMITET CHEMII
ANALITYCZNEJ
POLSKIEJ AKADEMII
NAUK
N-01 ÷ N-05**

N-01

Zintegrowane strategie analityczne w badaniach zanieczyszczeń nowej generacji (CECs): od systemów oczyszczania ścieków do epidemiologii ściekowej i oceny ryzyka populacyjnego

Katarzyna Styszko

*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30, 30-059
styszko@agh.edu.pl*

Zanieczyszczenia nowej generacji (CECs, ang. *Contaminants of Emerging Concern*) stanowią jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej chemii analitycznej środowiska. Ich obecność w ściekach komunalnych, osadach ściekowych oraz wodach odbiorczych wiąże się z ryzykiem ekotoksykologicznym, możliwością selekcji oporności drobnoustrojów oraz narażeniem populacyjnym na przewlekłe dawki związków biologicznie czynnych. W pracy przedstawiono zintegrowane podejście analityczne obejmujące rozwój i walidację metod chromatograficzno-spektrometrycznych do oznaczania CECs i ich metabolitów w złożonych matrycach środowiskowych oraz wykorzystanie uzyskanych danych do oceny losów środowiskowych tych związków, bezpieczeństwa produktów pochodzących z gospodarki osadowej oraz ekspozycji populacyjnej. Zastosowano zaawansowane techniki instrumentalne, w tym LC-MS/MS, GC-MS/MS oraz GC-ITQ-MS, umożliwiające selektywne i czułe oznaczanie analitów w ściekach, wodach powierzchniowych, osadach ściekowych i nawozach wytwarzanych na ich bazie.

Podziękowania, finansowanie: Projekt finansowany przez NCN,2022/45/B/ST10/02108. Badania zostały częściowo wsparte programem „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej.

Literatura:

- [1] K. Styszko, K. Proctor, E. Castrignanò, B. Kasprzyk-Hordern, *Sci. Total Environ.* 2021, 768, 144360.
- [2] K. Styszko, J. Durak, B. Kończak, M. Głodniok, A. Borgulat, *Sci. Rep.* 2022, 12, 12227.
- [3] K. Styszko, W. Bolesta, A.P. Daso, B. Kasprzyk-Hordern, *Sci. Total Environ.* 2025, 962, 178433.
- [4] K. Styszko, J. Pamuła, E. Sochacka-Tatara, A. Pac, B. Kasprzyk-Hordern, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2025, 292, 117920.

N-02

Elektroanalityczne układy pomiarowe oparte na makroskopowych i zminiaturyzowanych spolaryzowanych granicach fazowych jako narzędzia w kontroli jakości żywności

Konrad Rudnicki

*Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Tamka 12, 91-403 Łódź
konrad.rudnicki@chemia.uni.lodz.pl*

Mając na uwadze istniejące problemy społeczne związane z chemią spożywczą oraz kontrolą jakości żywności bardzo ważnym wydaje się być praca nad nowymi rozwiązaniami analitycznymi, w szczególności elektrochemicznymi, które pozwolą na opracowanie narzędzi do szybkiej analizy badanych produktów [1-2]. W prezentowanej pracy przedstawiam innowacyjne połączenie technik elektrochemicznych oraz układów bazujących na elektrochemii cieczowych granic fazowych (ITIES) do badania związków o znaczeniu biologicznym, które występują w artykułach spożywczych. W ramach swoich badań, opracowałem szereg procedur analitycznych umożliwiających oznaczanie związków biologicznie czynnych takich jak: antybiotyki (cefotaksym i danofloksacyna), alkaloidy (chinina i hordenina) oraz aminy biogenne (fenyloetyloamina, tryptamina, histamina, spermina, spermidyna, putrescyna, kadaweryna i tyramina). Zaproponowane przeze mnie rozwiązania z powodzeniem zastosowano w badaniach złożonych próbek rzeczywistych - produktów żywnościowych [3-9].

Podziękowania, finansowanie: Narodowe Centrum Nauki w Krakowie:
projekty 2018/29/N/ST4/01054 oraz 2022/45/B/ST4/02188.

Literatura:

- [1] K. Rudnicki, *et al. Trends Anal. Chem.* (2020) 128, 115907.
- [2] A. Krempniński, K. Rudnicki, *et al. Sci. Rep.* (2025) 15, 6917.
- [3] K. Rudnicki, *et al. Food Chem.* (2025) 478, 143734.
- [4] K. Rudnicki, *et al.* polski patent nr P.436383 (2020).
- [5] K. Rudnicki, *et al. Food Chem.* (2021) 364, 130417.
- [6] K. Rudnicki, *et al. Food Chem.* (2024) 442, 138407.
- [7] K. Rudnicki, *et al. Talanta* (2025) 285, 127256.
- [8] K. Rudnicki, *et al. Sci. Rep.* (2024) 14, 14489.
- [9] K. Rudnicki, *et al. Microchim. Acta* 188 (2021) 1-9.

N-03

Opracowanie i ocena proekologicznych rozwiązań dedykowanych do oznaczania zanieczyszczeń w próbkach środowiskowych

Izabela Narloch^{*}, Grażyna Wejnerowska, Przemysław Kosobucki

*Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz
^{*}izabela.narloch@pbs.edu.pl*

W dzisiejszych czasach opracowywanie nowych metod analitycznych koncentruje się na ich rozwoju zgodnie z zasadami „białej” i „zielonej” chemii analitycznej. Podejście to pozwala na wprowadzanie metod charakteryzujących się wysoką wydajnością analityczną, praktycznością oraz ograniczonym wpływem na środowisko i człowieka. W celu uproszczenia wyboru odpowiedniej metody analitycznej do konkretnego oznaczenia, zaproponowanych zostało kilka narzędzi metrycznych (m.in. AGREE, AGREEprep, BAGI oraz algorytm RGB) ułatwiających dokonanie oceny ekologiczności.

Celem badań było opracowywanie oraz ocena metod analitycznych służących do oznaczania wybranych zanieczyszczeń środowiska, tj. filtry UV i parabeny, w próbkach wody, jak również metod umożliwiających oznaczanie benzofenonów w próbkach kosmetyków.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że opracowane i ocenione za pomocą narzędzi metrycznych metody analityczne, oparte na proekologicznych rozwiązaniach, mogą być skutecznie wykorzystywane do oznaczania wybranych analitów w różnych matrycach próbek. Zastosowanie narzędzi metrycznych do oceny ekologiczności i praktyczności metod pozwala na wykonanie kompleksowej analizy ich zrównoważonego charakteru oraz wskazanie kryteriów, które mogą zostać udoskonalone. Zaproponowane rozwiązania stanowią innowacyjne podejście w kierunku dalszej minimalizacji wpływu laboratoriów analitycznych na środowisko. Uzyskane wyniki mogą stać się punktem wyjścia do opracowania kolejnych procedur analitycznych, a także wskazówek przy projektowaniu nowych narzędzi metrycznych.

N-04

Zminiaturyzowane metody analityczne w detekcji substancji psychoaktywnych stosowanych w przestępstwach przeciwko wolności seksualnej

Paweł Stelmaszczyk^{1,2*}, Renata Wietecha-Posłuszny¹

¹*Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Zakład Chemii Analitycznej
Gronostajowa 2, 30-387 Kraków*

²*Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. dra Jana Sehna, Westerplatte 9, 31-033 Kraków
pawel.stelmaszczyk@alumni.uj.edu.pl

Wykrywanie substancji psychoaktywnych wykorzystywanych w przestępstwach przeciwko wolności seksualnej należy do szczególnie wymagających zagadnień współczesnej chemii analitycznej i toksykologii sądowej. Trudności wynikają przede wszystkim z bardzo niskich stężeń tych związków w materiale biologicznym, ich szybkiego metabolizmu oraz ograniczonej objętości dostępnych próbek. W konsekwencji konieczne jest opracowywanie procedur przygotowania próbek umożliwiających przeprowadzenie wiarygodnej analizy nawet przy bardzo ograniczonej objętości materiału badawczego. Celem przeprowadzonych badań było opracowanie zminiaturyzowanych procedur ekstrakcyjnych umożliwiających detekcję substancji psychoaktywnych w materiale biologicznym. W ramach pracy zaproponowano trzy procedury przygotowania próbek: ekstrakcję wspomaganą promieniowaniem mikrofalowym z suchych kropli krwi, mikroekstrakcję do fazy stacjonarnej oraz mikroekstrakcję do fazy stałej z wykorzystaniem sorbentu umieszczonego w końcówce pipety. Opracowane metody umożliwiają prowadzenie analiz przy dostępności niewielkiej objętości próbki, która często stanowi istotne ograniczenie w analizach toksykologicznych materiału. Ponadto opracowano i zastosowano zminiaturyzowane systemy analityczne przeznaczone do szybkiej identyfikacji substancji psychoaktywnych w materiale niebiologicznym.

Finansowanie: Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego R. Wietecha-Posłuszny Preludium BIS 1 o nr 2019/35/O/ST4/00978 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Badania wykonano przy wsparciu finansowym Wydziału Chemii UJ w ramach Programu Strategicznego Inicjatywa Doskonałości w Uniwersytecie Jagiellońskim.

N-05

Projektowanie narzędzi (bio)analitycznych wykorzystujących kwasy nukleinowe - od oddziaływań molekularnych do zastosowań praktycznych

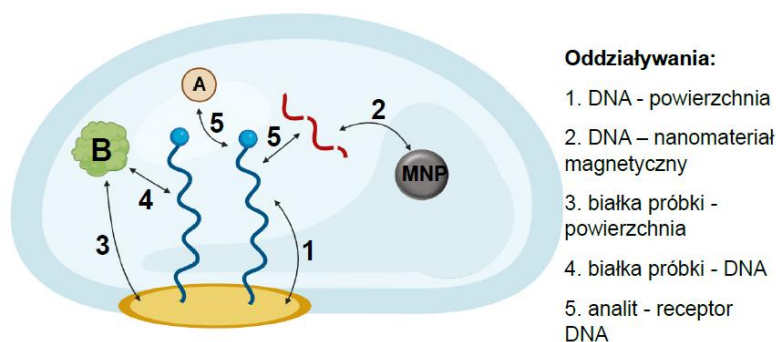
Anna Szymczyk-Drozd^{1*}, Robert Ziółkowski¹, Elżbieta Malinowska^{1,2}

¹Katedra Biotechnologii Medycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska
Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa

²Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, Politechnika Warszawska
Poleczki 19, 02-822 Warszawa

*anna.szymczyk@pw.edu.pl

Rozwój elektrochemicznych biosensorów DNA jako szybkiej i taniej alternatywy dla klasycznej diagnostyki wymaga przewyciężenia ograniczeń związanych z oddziaływaniami matrycowymi oraz niską stabilnością sygnału [1]. Niniejsza praca koncentruje się na badaniu wzajemnych relacji pomiędzy składnikami próbki a warstwą receptorową w celu poprawy parametrów analitycznych czujników. W ramach badań wykazano, że zastosowanie dietyloditiokarbaminianu sodu (DEDTC) jako wypełniacza monowarstw samoorganizujących się znacząco redukuje interferencje białkowe w porównaniu do standardowego MCH. Analiza różnych przetworników złotych wskazała na technologię PVD jako najbardziej powtarzalną platformę sensorową, charakteryzującą się niską chropowatością i wysoką stabilnością sygnału w porównaniu do elektrod sitodrukowanych. Opracowane rozwiązania zaimplementowano w detekcji biomarkerów genetycznych (SARS-CoV-2, *C. diphtheriae*) oraz jonów metali ciężkich (Hg^{2+} , SeO_4^{2-}), a także wykorzystano nanocząstki magnetyczne modyfikowane PEI do wydajnej separacji kwasów nukleinowych. Zastosowanie zminiaturyzowanych przetworników w technologii PVD stwarza perspektywę przyszłej integracji opracowanych biosensorów w przenośnych urządzeniach diagnostycznych typu *point-of-care*.



Rys. 1. Schemat ilustrujący wzajemne oddziaływania towarzyszące funkcjonowaniu biosensorów elektrochemicznych.

Podziękowania, finansowanie: Badania będące podstawą rozprawy doktorskiej zostały sfinansowane w ramach projektu IDUB against COVID-19 (1820/45/Z01/2020), projektu LIDER POB BIB (CPR-IDUB/130/Z01/POB4/2023) finansowanych ze środków Politechniki Warszawskiej uzyskanych w ramach programu IDUB oraz projektu ASTACUS TECHMATSTRATEG-III/0042/2019-00 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura:

[1] Sassolas a., Leca-Bouvier B.D., Blum L.J. Chem. Rev. 2008, 108(1), 109-139.

PLAKATY

PO-01 ÷ PO-54

PO-01

Ocena ryzyka środowiskowego związanego z obecnością metali ciężkich w rejonie składowisk odpadów przemysłowych na podstawie analizy gleby i roślinności

Marta Smarzyk*, Aleksandra Pawlaczyk, Marcin Zaborowski, Jadwiga Albińska,
Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

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

**243095@edu.p.lodz.pl*

Intensywny rozwój przemysłu w XX wieku przyczynił się w wielu regionach Europy do powstania licznych obszarów składowania odpadów przemysłowych, powstałych bez odpowiednich zabezpieczeń środowiskowych [1]. Skutkiem wzrostu ilości wytwarzanych oraz nieprawidłowo składowanych odpadów było powstawanie terenów zdegradowanych, zwłaszcza w sektorze przemysłu chemicznego, w tym produkcji barwników, gdzie deponowano odpady bogate w metale ciężkie i związki organiczne. Brak właściwej izolacji tych obiektów sprzyja migracji zanieczyszczeń do gleby, wód gruntowych oraz powietrza, co stanowi istotne zagrożenie dla środowiska i zdrowia człowieka [2].

W związku z tym ocena ryzyka środowiskowego w rejonie takich składowisk stanowi kluczowy element monitoringu terenów poprzemysłowych. Celem pracy była ocena wpływu składowisk zlokalizowanych na terenie województwa łódzkiego (Zgierz) na zawartość wybranych pierwiastków, w tym metali ciężkich w glebie oraz materiale biologicznym (grzyby). Badaniom poddano próbki pobrane z punktów zlokalizowanych w sąsiedztwie składowisk odpadów oraz z terenów odniesienia (centrum Łodzi i Las Łagiewnicki), w których oznaczono stężenia wybranych metali technikami ICP-OES i CVAAS. Uzyskane wyniki wskazywały na istotnie wyższe poziomy metali ciężkich w próbkach pochodzących z rejonu Zgierza w porównaniu z obszarami odniesienia. Przekroczenia wartości dopuszczalnych dla gleb leśnych dotyczyły przede wszystkim Cd, Cu, Hg, Pb oraz Zn, natomiast dla terenów poprzemysłowych - Cd, Cu, Pb i Zn. Analiza wskaźników zanieczyszczenia wskazała, że największe zagrożenie związane jest z podwyższonymi stężeniami Cu, Hg, Ni oraz Zn.

Literatura:

- [1] R. O’Riordan, J. Davies, C. Stevens, J.N. Quinton, C. Boyko Geoderma, 2021, 395, 1-12.
- [2] M.S. Rahman, P. Kumar, M. Ullah i wsp. Environ. Chem. Ecotoxicol. 2021, 3, 197-208.

PO-02

Oznaczanie zawartości styrenu z wykorzystaniem GC-FID w ciekłych produktach pirolizy

Paweł Grabowski^{1*}, Oliwia Liberek¹, Adam Hańderek²

¹*Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, Łukasiewicza 17, 09-400 Płock*

²*Handerek Technologies Sp. z o.o.*

**pawel.grabowski@pw.edu.pl*

Kluczowym elementem gospodarki o obiegu zamkniętym jest efektywny recykling, dzięki któremu pewna część odpadów może zostać przeznaczona do produkcji niskoemisyjnych paliw alternatywnych lub surowców petrochemicznych. Piroliza odpadowego polistyrenu stanowi obiecującą metodę odzysku surowców chemicznych, w tym styrenu - kluczowego monomeru o istotnym znaczeniu zarówno technologicznym, jak i środowiskowym.

W ramach przeprowadzonych badań zoptymalizowano warunki rozdzielania umożliwiając wyznaczenie procentowej zawartości styrenu w złożonych mieszaninach powstałych w procesie termicznego rozkładu polistyrenu, w szerokim zakresie jego stężeń. Decydującym czynnikiem wpływającym na wiarygodność oceny stężenia styrenu okazały się warunki transportu, przechowywania oraz przygotowania próbek. Skłonność styrenu do autopolimeryzacji, szczególnie w olejach popirolitycznych, które charakteryzują się obecnością rodników i związków nienasyconych przyspieszających ten proces, może prowadzić do spadku sygnału oraz pojawienia się pików oligomerów na chromatogramach.

Uzyskane wyniki wskazały na konieczność stosowania inhibitorów oraz stabilizatorów, potwierdzając przydatność metody GC-FID jako narzędzia do monitorowania jakości produktów pirolizy oraz wspierania rozwoju technologii recyklingu chemicznego odpadowych tworzyw sztucznych.

Otrzymane dane potwierdzają zasadność stosowania pirolizy odpadowych tworzyw sztucznych jako metody odzysku kluczowych monomerów wykorzystywanych w produkcji petrochemicznej.

PO-03

Komplementarne podejście analityczne w badaniach bezpieczeństwa opakowań żywności

Weronika Zdziarska^{1*}, Aleksandra Pawlaczyk¹, Aleksandra Zimon¹, Anna Masek²,
Marcin Jędrzejczyk¹, Jadwiga Albińska¹, Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik¹

¹*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

²*Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź*

*258846@edu.p.lodz.pl

Materiały do kontaktu z żywnością (FCM) podlegają rygorystycznym regulacjom prawnym, w szczególności Rozporządzeniom 1935/2004 oraz 10/2011 [1,2]. Obecnie masowa skala zużycia opakowań oraz ewolucja przepisów w zakresie bisfenolu A czy wdrożenie PPWR stawiają przed analityką instrumentalną coraz wyższe wymagania [3,4]. Przez rosnącą heterogeniczność

i złożoną strukturę nowoczesnych materiałów, klasyczne procedury kontrolne często nie zapewniają już pełnego obrazu bezpieczeństwa zdrowotnego. Główną przesłanką do opracowania zintegrowanej procedury badań była potrzeba wypełnienia luki między innowacyjnością opakowań, a możliwością ich rzetelnej weryfikacji. Celem pracy było opracowanie kompleksowej metodyki oceny bezpieczeństwa opakowań, zastępując rutynowe testy zintegrowanym podejściem wielotechnikowym. Strukturę i skład materiałów określono za pomocą spektroskopii IR (polimery) oraz LIBS i SEM-EDS (stopy metali), uzupełniając je analizą ilościową (ICP-OES, CVAAS, GFAAS). Był to punkt wyjścia do kluczowej oceny migracji substancji w płynach modelowych. Całość dopełniły badania przyspieszonego starzenia w komorze klimatycznej i analiza zmian powierzchniowych z użyciem mikroskopii cyfrowej. Wyniki dowodzą, że tylko wielokierunkowe badania pozwalają rzetelnie wnioskować odnośnie bezpieczeństwa opakowań. Połączenie szczegółowej analizy składu z oceną procesu starzenia i migracji składników stanowi dziś fundament ochrony zdrowia konsumentów oraz pełnej zgodności z restrykcyjnym prawodawstwem [1,2].

Literatura:

- [1] Regulation (EC) No 1935/2004 (2004) 1-17.
- [2] Regulation (EU) No 10/2011 (2011) 1-9.
- [3] Commission Regulation (EU) 2025/351 (2025) 1-30.
- [4] Regulation (EU) 2025/40 (2025) 1-100.

PO-04

Zastosowanie nowoczesnych technik badawczych do charakterystyki wybranych pochodnych kwasu nikotynowego

Aleksander Jabłoński^{1*}, Bartłomiej Rogalewicz¹, Paweł Szymański^{2,3}, Marek Smoluch⁴,
Agnieszka Czyłkowska^{1**}

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

²*Zakład Chemii Farmaceutycznej, Analizy Leków i Radiofarmacji, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
ul. Muszyńskiego 1, 91-151 Łódź*

³*Zakład Biologii Medycznej, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii im. gen. Karola Kaczkowskiego
ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa*

⁴*Katedra Chemii Analitycznej i Biochemii, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

*246978@edu.p.lodz.pl

**agnieszka.czylkowska@p.lodz.pl

Zsyntezowano w stanie stałym 5 nowych pochodnych kwasu nikotynowego. W celu potwierdzenia budowy otrzymanych związków oraz określenia ich czystości zostały użyte następujące techniki badawcze: NMR, HRMS i FTIR.

NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) wykorzystuje rezonans magnetyczny jąder atomowych do analizy struktury cząsteczek. Dostarcza szczegółowych informacji o liczbie, rodzaju i wzajemnym otoczeniu chemicznym atomów, przede wszystkim wodoru i węgla [1].

HRMS (*High Resolution Mass Spectrometry*) służy do bardzo precyzyjnego pomiaru masy cząsteczek i ich fragmentów. Umożliwia określenie dokładnego wzoru cząsteczkowego oraz identyfikację nieznanymi związków [2].

FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) pozwala na badania drgań wiązań chemicznych pod wpływem promieniowania podczerwonego, umożliwiając identyfikację i potwierdzenie obecności charakterystycznych grup funkcyjnych w próbce [3].

Techniki te w jednoznaczny sposób potwierdziły, że zamierzony cel badawczy został osiągnięty, a otrzymane związki charakteryzują się dobrą czystością.

Literatura:

[1] Günther, H. NMR Spectroscopy: Basic Principles, Concepts and Applications in Chemistry, 3rd ed., Wiley-VCH, 2013.

[2] Zarrouk, E. et al. „High-resolution mass spectrometry: Theoretical and practical aspects”, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis Open, 2022.

[3] „Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry” (podręcznik podstawowy, Thermo Fisher/Bruker).

PO-05

Badania strukturalne i fizykochemiczne nowych kompleksów kwasu 6-hydrazynonikotynowego z jonami metali bloku d

Bartłomiej Rogalewicz¹, Barbara Klepacz^{1,2}, Paweł Szymański^{3,4}
Agnieszka Czyłkowska^{1*}

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

²*Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Kościuszki 4, 90-419 Łódź*

³*Zakład Chemii Farmaceutycznej, Analizy Leków i Radiofarmacji, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
ul. Muszyńskiego 1, 91-151 Łódź*

⁴*Zakład Biologii Medycznej, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii im. gen. Karola Kaczkowskiego
ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa
agnieszka.czyłkowska@p.lodz.pl

Kwas 6-hydrazynonikotynowy (HYNIC) to jeden z ważniejszych i skutecznych dwufunkcyjnych czynników chelatujących. W medycynie nuklearnej wykorzystywany jest jako dwukleszczowy ligand w sprzęganiu radionuklidów z nośnikami biologicznymi (np. peptydami czy przeciwciałami). Głównym celem prezentowanej pracy jest synteza oraz charakterystyka fizykochemiczna kompleksów wybranych metali bloku d koordynowanych kwasem 6-hydrazynonikotynowym.

W ramach badań zsyntezowano 6 nowych połączeń koordynacyjnych z metalami: Mn(II), Fe(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II). Otrzymane związki zbadano za pomocą następujących technik: analiza widm w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), optyczna spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES), analiza termogravimetryczna (TG). Część eksperymentalną wzbogacono o badania *in silico* potencjału biologicznego liganda.

Otrzymane wyniki potwierdzają prawidłowo dobrane warunki syntezy oraz możliwość charakterystyki fizykochemicznej nowych związków koordynacyjnych wybranych metali bloku d z ligandem HYNIC.

PO-06

Synteza i charakterystyka nowych heteroligandowych kompleksów wybranych metali bloku d z benzimidazolem i chlorooctanami

Ewelina Fornal^{*}, Anita Raducka, Agnieszka Czyłkowska

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
ul. Stefana Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
^{*}ewelina.fornal@dokt.p.lodz.pl*

Heteroligandowe połączenia oparte na pochodnych benzimidazolu budzą szerokie zainteresowanie w chemii koordynacyjnej ze względu na ich potencjalne właściwości biologiczne oraz katalityczne [1-3].

Celem niniejszej pracy była synteza i charakterystyka fizykochemiczna nowej serii związków koordynacyjnych wybranych metali bloku d (kobalt(II), miedź(II), cynk(II)), w których wewnętrzną sferę koordynacyjną współtworzą: benzimidazol oraz odpowiednie chlorooctany (mono-, di- i trichlorooctany). Przy użyciu rentgenografii strukturalnej (SC-XRD) dla wszystkich otrzymanych połączeń koordynacyjnych została wyznaczona struktura krystaliczna. Dodatkowo za pomocą spektroskopii FTIR potwierdzono sposób wiązania ligandów organicznych z jonami centralnymi, zaś badania stabilności otrzymanych układów w roztworze DMSO zbadano za pomocą spektroskopii UV-VIS.

Literatura:

- [1] M. Patel et al. *Molecules* (2023) 28, 5490.
- [2] P. Ahmadfilab et al. *J. Mol. Struct.* (2025) 1342, 142646.
- [3] V. Sundharaj et al. *Results Chem.* (2026) 21, 103042.

PO-07

Ocena wpływu parametrów ekstrakcji wspomaganey ultradźwiękami na efektywność izolacji kwasów tłuszczowych z ceramiki doświadczalnej

Angelina Rosiak^{*}, Kamila Ochman, Joanna Kałużna-Czaplińska

Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

^{}angelina.rosiak@p.lodz.pl*

Współczesna archeometria coraz częściej wykorzystuje zaawansowane techniki analityczne do badania pozostałości organicznych zachowanych w porowatej ceramice pradziejowej. Naczynia te, dzięki swojej strukturze, mogą zatrzymywać lipidy pochodzące z przygotowywanej w nich żywności, stanowiąc cenne źródło informacji o dawnej diecie [1]. Celem pracy było porównanie skuteczności różnych metod ekstrakcji kwasów tłuszczowych z matrycy ceramicznej oraz ich optymalizacja pod kątem czasu, rozpuszczalników i zgodności z zasadami „zielonej chemii”. Materiał badawczy obejmował współczesne naczynia używane eksperymentalnie do przetwarzania mleka. Do ekstrakcji wspomaganey ultradźwiękami (UAE) prowadzonej przez 30 i 60 minut zastosowano trzy środowiska ekstrakcyjne: tradycyjną mieszaninę dichlorometan/metanol (2:1; v/v), octan etylu/heksan (1:1; v/v) oraz roztwór 1 M KOH w etanolu/wodzie (9:1; v/v). Po przekształceniu chemicznym związków do pochodnych trimetylosililowych, analizę przeprowadzono metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas z analizatorem czasu przelotu (GC-TOF-MS).

Najwyższą efektywność wykazano dla ekstrakcji UAE w środowisku zasadowym (KOH/EtOH/H₂O), najniższą wydajność obserwowano dla mieszaniny DCM:MeOH. Obiecującym rozwiązaniem okazała się metoda z użyciem EtOAc:Hex - proekologiczna, szybka i ograniczająca zużycie toksycznych rozpuszczalników. Analiza czasu procesu wykazała, że 30-minutowa ekstrakcja sprzyja uzyskaniu w ekstrakcie wyższych zawartości głównych kwasów tłuszczowych, natomiast 60-minutowa pozwala wykryć większą liczbę tych związków, w tym te występujące w ilościach śladowych.

Literatura:

[1] A. Rosiak, A. Józefowska, M. Jałowiecka, J. Kałużna-Czaplińska, *Annu. Rev. Mater. Res.* (2025) 55, 443-468.

PO-08

Identyfikacja terenów zanieczyszczonych substancjami powodującymi ryzyko dla środowiska

Anna Turek^{*}, Żaneta Franczak, Jakub Kubicki

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

**anna.turek@p.lodz.pl*

Celem badań była ocena jakości gleb pod względem zawartości baru, chromu, cynku, kadmu, miedzi, niklu i ołowiu. Próbkę pobierano z łąk, pastwisk i nieużytków zlokalizowanych w południowej części województwa łódzkiego. Wykonano podstawowe badania fizykochemiczne. Gleby charakteryzują się niską zawartością materii organicznej (poniżej 8%) oraz frakcji pyłowych i iłowych (dominują piaski, a 20% próbek zakwalifikowano jako piaski gliniaste i słabogliniaste). Gleby bardzo kwaśne i kwaśne stanowią 50% badanych próbek. Analizę całkowitych zawartości metali wykonano metodami ICP-OES (Plasma Quant PQ9000 Elite, Analytik Jena) i F-AAS (contraAA 300, Analytik Jena), po wcześniejszym roztworzeniu gleby w mineralizatorze mikrofalowym (Multiwave 3000, Anton Paar) mieszaniną HCl, HNO₃ i HF. Biorąc pod uwagę rodzaj zagospodarowania terenu, całkowite zawartości analizowanych metali nie przekraczają wartości dopuszczalnych [1]. Natomiast wartości wskaźników zanieczyszczenia gleby (CF) i indeksów geoakumulacji (I_{geo}) wskazują, że część próbek jest wzbogacona w metale w stopniu dużym (Ba, Cd, Ni, Pb) lub bardzo dużym (Cd) [2]. Stanowiska o najwyższym zanieczyszczeniu wyodrębniono na podstawie wartości wskaźnika ładunku zanieczyszczeń (PLI). W większości gleb stwierdzono przekroczenie wartości granicznej tego parametru. Punkty położone w południowej części badanego terenu charakteryzują się wyższymi stężeniami kadmu i ołowiu w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. Biorąc pod uwagę lokalizację i kierunki wiatrów, zanieczyszczenia te można powiązać z emisjami z zakładów przemysłowych Śląskiego i Opolskiego Okręgu Przemysłowego.

Literatura:

[1] Dziennik Ustaw 2016, poz. 1395.

[2] A.A. Elnazer, S.A. Salman, E.M. Seleem, E.A. Abu El Ella *Int. J. Ecol.* (2015) 2015, 689420.

PO-09

Soft sensing interface for the electroanalytical detection of inorganic phosphate in environmental waters

Muthaiah Annalakshmi^{*}, Thangaraj S.T. Balamurugan, Lukasz Poltorak

*Electrochemistry @ soft Interfaces Team, Department of Inorganic and Analytical Chemistry,
Faculty of Chemistry, University of Lodz, Tamka 12, Lodz 91-403, Poland
^{*}annalakshmi.muthaiah@chemia.uni.lodz.pl*

Phosphate is an essential plant nutrient primarily supplied in the form of inorganic fertilizers to support vegetation growth. However, the excessive use of chemical fertilizers leads to nutrient pollution, particularly of nitrogen and phosphorus. These nutrients are the leading causes of eutrophication and harmful algal blooms, which represent a significant global threat to water quality and public health [1]. This highlights the need for rapid, cost-effective, and reliable monitoring strategies. In this study, a simple highly reproducible electroanalytical platform based on the electrified liquid-liquid interface (eLLI) was developed for the rapid detection of phosphate in the environmental waters [2]. Unlike conventional electrochemical sensors that rely on surface modification, this method enables rapid detection of phosphates through voltammetric signals generated from in-situ complexation and interfacial charge-transfer processes at the interface. The custom formulated eLLI sensor exhibited an analytical sensitivity of $7.868 \text{ A}\cdot\text{M}^{-1}$, with detection and quantification limits of 25 nM and 82.6 nM, respectively. This work establishes eLLI as a promising, rapid, cost-effective, and alternative solution for the detection of inorganic phosphate. The approach provides a foundation for the development of soft electrochemical sensing systems for real-time environmental water quality assessment for nutrient pollution and other biological processes where phosphates are the active chemical species.

Keywords: *Electrochemical sensor, Electrified liquid-liquid interface (eLLI), nutrient pollution, phosphates, harmful algal blooms.*

Acknowledgments: Muthaiah Annalakshmi and Lukasz Poltorak gratefully acknowledge the financial assistance through the PolonezBis fellowship (Project No. 2022/47/P/ST4/01065) co-funded by the National Science Centre (NCN) and the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No. 945339.

References

- [1] S.R. Sari, M. Tominaga. *Analytical Sciences* 2022;39(5):629-642.
- [2] Annalakshmi Muthaiah, et al. *Journal of Hazardous Materials* 2026:141583.

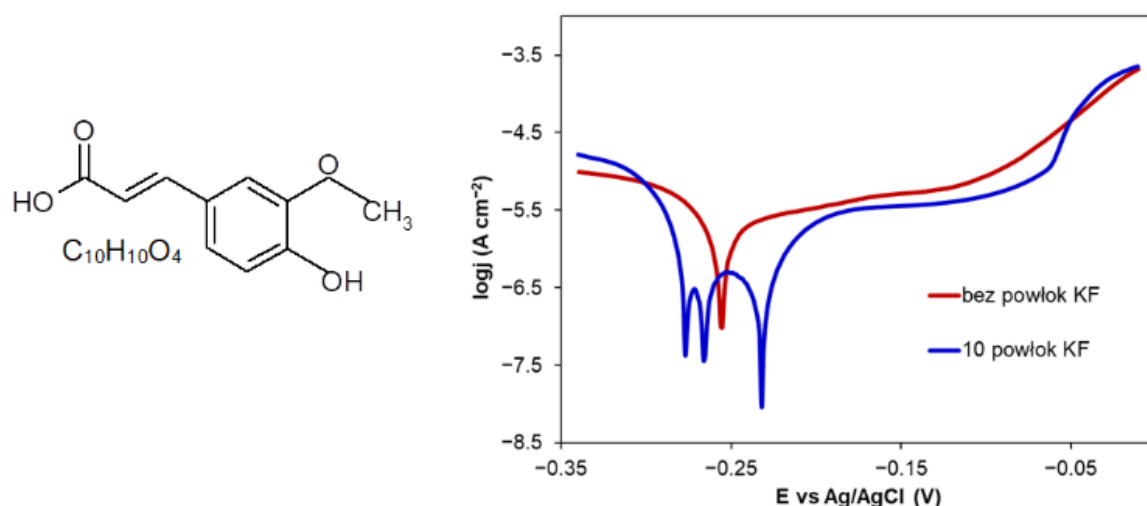
PO-10 Elektroanalizyczne badania kwasu ferulowego jako zielonego inhibitora korozji Cu

Aleksander Kucharek, Elżbieta Kuśmerek*, Ewa Chrześcijańska

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
elzbieta.kusmierек@p.lodz.pl

Metody elektroanalizyczne znajdują szerokie zastosowanie w badaniach korozji metali i stopów. Ochrona miedzi przed korozją jest bardzo ważna, ze względu na jej powszechne zastosowanie. Cu jest również składnikiem mosiądku, czyli stopu, z którego wykonanych jest wiele artefaktów historycznych.

Kwas ferulowy jest związkiem pochodzenia naturalnego i może być potencjalnie stosowany jako zielony inhibitor korozji Cu. Do oszacowania właściwości inhibitujących tego związku wykorzystano takie metody elektroanalizyczne, jak pomiar potencjału obwodu otwartego (OCP), polaryzację potencjodynamiczną (PDP) oraz elektrochemiczną spektroskopię impedancyjną (EIS). Największy efekt inhibitujący zaobserwowano w przypadku modyfikacji środowiska korozyjnego (0,1 M NaCl) przez dodanie kwasu ferulowego (1,5 mM). W ochronie artefaktów historycznych większe znaczenie mają powłoki ochronne. W przypadku miedzi największy efekt inhibitujący zaobserwowano dla 10 powłok tego związku nakładanych z etanolowego roztworu o stężeniu 20 mM. Badania EIS potwierdziły te wyniki.



Rys. 1. Kwas ferulowy (KF) i krzywe polaryzacji potencjodynamicznej zarejestrowane w NaCl dla miedzi z powłokami i bez powłok

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

PO-11

Ocena składu pierwiastkowego wybranych alg, cyjanobakterii oraz wodorostów morskich z wykorzystaniem ICP-OES, CVAAS i GFAAS - źródło makro- i mikroelementów oraz pierwiastków toksycznych

Elżbieta Maćkiewicz*, Jadwiga Albińska, Piotr Wysocki,
Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

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

**elzbieta.mackiewicz@p.lodz.pl*

Ze względu na swoją bioaktywność i właściwości algi, cyjanobakterie i wodorosty stanowią obecnie na świecie ważny zasób w licznych zastosowaniach komercyjnych, szczególnie w produkcji żywności, preparatów farmaceutycznych, nutraceutyków oraz bioetanolu [1,2]. Algi, cyjanobakterie i wodorosty zyskują dużą popularność w żywieniu człowieka, głównie ze względu na wysoką zawartość białka, witamin i składników mineralnych. Trend ten wpisuje się w rosnące zainteresowanie żywnością funkcjonalną i alternatywnymi źródłami składników odżywczych. Z punktu widzenia analizy pierwiastkowej organizmy te są cennym źródłem makro- i mikroelementów, takich jak Na, Ca, Mg, K, Cl, S i P oraz I, Fe, Zn, Cu, Se, Mo, Mn, B i Co [1,2]. Jednocześnie ich zdolność do bioakumulacji sprawia, że mogą gromadzić również pierwiastki toksyczne, w tym arsen. Dlatego istotne jest monitorowanie jakości surowców, aby zapewnić bezpieczeństwo konsumentów.

W pracy zbadano 29 próbek, dostępnych w Polsce w sklepach stacjonarnych i internetowych (spirulina, chlorella, wakame, nori, kombu). Próbki poddano mineralizacji z użyciem 69% HNO₃ oraz 30% H₂O₂ (system UltraWave). Następnie skład pierwiastkowy oznaczono techniką ICP-OES, natomiast zawartość rtęci całkowitej oraz zawartość arsenu oznaczono analogicznie technikami CVAAS i GFAAS.

Literatura:

- [1] B.K. Tiwari, D.J. Troy, Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications, Elsevier, Academic Press, 2015.
- [2] P.B. Andrade, M. Barbosa, R.P. Matos, G. Lopes, J. Vinholes, T. Mouga, P. Valentão, Valuable compounds in macroalgae extracts, *Food Chem.* 138 (2013) 1819-1828.

PO-12

Metody elektroanalityczne jako alternatywa w ocenie aktywności przeciwutleniającej ekstraktów roślinnych

Ewa Chrzescijanska*, Elżbieta Kuśmierk, Aleksander Kucharek, Andrzej Żarczyński

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
ul. Zeromskiego 114, 90-543 Łódź
ewa.chrzescijanska@p.lodz.pl

Polifenole obecne w roślinach obejmują liczne grupy (ponad 6000) flawonoidów, które są ważnymi składnikami diety człowieka. Związki te wykazują właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwnowotworowe, antymutagenne, przeciwzapalne i przeciwalergiczne [1, 2]. Biorąc pod uwagę ich właściwości elektroaktywne, obserwuje się zależność między transferem elektronów a wychwytywaniem przez nie rodników. Zatem flawonoidy charakteryzują się działaniem przeciwzapalnym, wynikającym z inaktywacji reaktywnych form tlenu i azotu, a także z wiązania elektrofilów, indukcji enzymów ochronnych, hamowania peroksydacji lipidów i utleniania DNA. Ze względu na duże zainteresowanie przeciwutleniaczami występującymi w roślinach, stosuje się różne techniki analityczne w celu ich ilościowego i jakościowego oznaczenia, a także scharakteryzowania ich właściwości, w tym aktywności przeciwutleniającej (AC) [3]. Techniki elektroanalityczne mogą stanowić interesującą alternatywę dla powszechnie stosowanych metod takich, jak chromatografia i spektrofotometria. Są to metody proste, tanie, szybkie i charakteryzują się niskimi granicami wykrywalności oraz oznaczalności. Do powszechnie stosowanych metod elektroanalitycznych zalicza się woltamperometrię cykliczną (CV), woltamperometrię pulsową różnicową (DPV), woltamperometrię fali prostokątnej (SWV), chronoamperometrię, elektrochemiczną spektroskopię impedancyjną (EIS).

Literatura:

- [1] J. Hoyos-Arbeláez, M. Vázquez, J. Contreras-Calderón, *Food Chem.* (2017), 221, 1371-1381.
- [2] G. Ziyatdinova, A. Kalmykova, O. Kupriyanova, *Antioxidants* (2022), 11, 1749.
- [3] F.M.A. Lino, L.Z. De Sá, I.M.S. Torres, M.L. Rocha, T.C.P. Dinis, P.C. Ghedini, V.S. Somerset, E.S. Gil. *Electrochim. Acta* (2014) 128, 25-31.

PO-13

Badania efektów matrycowych w oznaczaniu fluoru w próbkach wód z zastosowaniem wysokorozdzielczej spektrometrii absorpcyjnej ze źródłem emitującym promieniowanie ciągłe i piecem grafitowym

Jakub Łęcki^{*}, Patrycja Wasążnik, Janusz Zieliński, Zofia Kowalewska

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska Filia w Płocku

Lukasiewicza 17, 09-400 Płock

**jakub.lecki@pw.edu.pl*

Fluor wywiera istotny wpływ na zdrowie ludzi - jego niedobór może powodować próchnicę zębów, osłabienie szkliva oraz zahamowanie wzrostu.

Jego nadmiar natomiast może prowadzić do fluorozy, pogorszenia płodności oraz zaburzeń funkcjonowania tarczycy i układu hormonalnego [1]. Istotnym źródłem fluoru przyswajalnego przez organizm człowieka jest przede wszystkim spożywana woda [2]. Maksymalne dopuszczalne stężenie fluorków w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wynosi 1,5 mg/L [2].

Najczęściej do oznaczania fluoru w wodzie stosowana jest potencjometria z elektrodą fluoroselektywną (ISE) oraz chromatografia jonowa po spalaniu (CIC). Alternatywną techniką jest wysoko rozdzielcza absorpcyjna spektrometria cząsteczkowa ze źródłem emitującym promieniowanie ciągłe i piecem grafitowym (HR-CS GFMAS, ang. *High Resolution - Continuum Source Graphite Furnace Molecular Absorption Spectrometry*), która umożliwia oznaczanie fluoru na poziomie pg [1, 2].

Wykonano badania metodyczne w zakresie oznaczania fluoru w wodach techniką HR-CS GFMAS z zastosowaniem monofluorku galu jako cząsteczki pomiarowej. Przeprowadzono badania modelowe wpływu potencjalnych interferentów (kationów wiążących fluor oraz anionów wiążących gal). Przebadano wody mineralne i lecznicze o różnym składzie. W przypadku zaobserwowanych efektów matrycowych zaproponowano sposób ich eliminacji.

Podziękowania, finansowanie: Jakub Łęcki dziękuje Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej za sfinansowanie udziału w konferencji w ramach konkursu KONF-Ich 2026

Literatura:

[1] H. Gleisner, B. Welz, J. W. Einax *Spectrom. Acta Part B* (2010) 65, 864-869.

[2] P. Ley, M. Sturm, T. A. Ternes, B. Meermann *Anal. Bioanal. Chem.* (2017) 409, 6949-6958.

[3] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2017 poz. 2294.

PO-14

Zastosowanie algorytmów sztucznej inteligencji w klasyfikacji i interpretacji wielowymiarowych danych instrumentalnych w analizie środowiskowej i przemysłowej

Anna Korzeniewska, Katarzyna Szramowiat, Jerzy Górecki^{*}, Katarzyna Sztybel

*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, ul. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
^{*}gorecki@agh.edu.pl*

Współczesna analityka instrumentalna generuje zbiory danych o wysokim stopniu złożoności, obejmujące wielowymiarowość, zaszumienie, brakujące dane oraz nieliniowe zależności. Interpretacja takich danych stanowi obecnie punkt krytyczny procedur badawczych. W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego w przetwarzaniu sygnałów pochodzących z technik chromatograficznych oraz spektrometrycznych. Omówiono możliwości wykorzystania metod uczenia maszynowego w dekonwolucji nakładających się sygnałów, klasyfikacji próbek w złożonych macierzach oraz wykrywaniu obserwacji odstających.

W opracowaniu przybliżono podstawy wykorzystania metod uczenia głębokiego jako narzędzi wspomagających klasyfikację próbek oraz detekcję wartości nietypowych. Omówiono również rolę metod regresyjnych i dekompozycyjnych w redukcji wymiarowości danych. Wskazano na istotne bariery metodologiczne, takie jak brak stabilności parametrów aparaturowych w czasie oraz trudności związane z przenoszeniem wypracowanych modeli obliczeniowych pomiędzy różnymi układami pomiarowymi. Podkreślono krytyczne znaczenie wstępnego przygotowania danych numerycznych dla wiarygodności końcowego wyniku. Zastosowanie narzędzi opartych na sztucznej inteligencji stanowi wartościowe rozszerzenie warsztatu analityka, pozwalając na skrócenie czasu interpretacji danych przy zachowaniu wymaganych wskaźników jakości, o ile zostaną poddane rygorystycznej walidacji w oparciu o materiały odniesienia.

Podziękowania, finansowanie: Projekt został sfinansowany przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie (numer grantu: 501.00 210000 10000).

PO-15

Wpływ nanocząstek SiO₂ i CeO₂ na aktywność fotosyntetyczną oraz gospodarke mineralną grochu (*Lathyrus oleraceus* Lam.)

Julia Cegielska^{1*}, Elżbieta Skiba¹, Monika Pietrzak¹, Magdalena Gapińska²,
Krystian Koziński¹, Jakub Kubicki¹, Wojciech M. Wolf¹

¹*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

²*Pracownia Obrazowania Mikroskopowego i Specjalistycznych Technik Biologicznych,
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, Banacha 12/16, 90-237 Łódź*

**julia.cegielska@dokt.p.lodz.pl*

Współczesne rolnictwo stoi przed koniecznością wdrażania innowacyjnych technologii, które pozwolą zwiększyć wydajność produkcji roślinnej przy jednoczesnym ograniczaniu degradacji środowiska i łagodzeniu skutków zmian klimatycznych. Dynamiczny rozwój nanotechnologii przyczynił się do wzrostu zainteresowania zastosowaniem nanomateriałów w uprawie roślin. W szczególności nanonawozy są coraz częściej badane jako narzędzie do poprawy biodostępności składników odżywczych, optymalizacji procesów fizjologicznych i poprawy wydajności upraw. Rosnąca gama produktów rolnych opartych na nanocząstkach nasiliła potrzebę kompleksowych badań oceniających ich wpływ na fizjologiczno-biochemiczny stan roślin [1].

Celem pracy było określenie wpływu nanometrycznych form tlenku krzemu oraz tlenku ceru na rozwój i metabolizm roślin. Dokonano analizy zawartości chlorofilu i wybranych pierwiastków (Cu, Fe, Mn, Zn, Mg, P) w pędach grochu, oceniono zmiany wewnętrznej budowy liści.

Wykazano wzrost wydajności fotosyntezy roślin suplementowanych każdym z badanych nanotlenków. Stwierdzono zmiany w zawartościach oznaczanych pierwiastków. Dodatek SiO₂ NPs zwiększył przyswajalność fosforu, który odgrywa kluczową rolę w syntezie nośników energii (ATP, NADPH) oraz w regulacji szlaków fosforylacji determinujących ogólną aktywność metaboliczną roślin. Przeprowadzone badania mikroskopowe wykazały zmiany grubości poszczególnych warstw tkankowych w liściach grochu.

Literatura:

[1] M.I. Abdulraheem, A.Y. Moshood, Y. Zang, A. Mawof, Y. Zhang, V. Raghavan, J. Hu J. Food Biophys. 2025, 20, 61.

PO-16

Analizy wybranych wód termalnych z odwiertów w centralnej Polsce i ich wykorzystanie

Julia Cegielska^{*}, Andrzej Żarczyński, Ada Miłek, Piotr Anielak, Jakub Kubicki,
Marek Kaźmierczak, Wojciech M. Wolf, Małgorzata I. Szykowska-Jóźwik

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
^{*}julia.cegielska.dokt@p.lodz.pl*

W ostatnich kilkunastu latach rośnie skala wykorzystania energii geotermalnej w Polsce. Jednak ze względu na zwykle znacznie niższe niż 100°C temperatury wód termalnych, znajdują one zastosowanie głównie w ciepłownictwie, balneoterapii i rekreacji. Za granicą, m.in. w Stanach Zjednoczonych, Islandii i Nowej Zelandii, wody termalne o temperaturze na wypływie z odwiertu przekraczającej 100°C wykorzystywane są również do produkcji energii elektrycznej. W wielu krajach odbywa się to poprzez systemy binarne (zwłaszcza geotermalno-biomasowe), które znajdują zastosowanie także w Polsce. Aktualnie w naszym kraju pracuje 9 ciepłowni geotermalnych oraz szereg obiektów rekreacyjno-leczniczych, wykorzystujących wody termalne.

Oprócz stanu użytkowania energii geotermalnej w centralnej Polsce szczególną uwagę zwrócono na skład mineralny wód geotermalnych oraz jego wpływ na kierunki ich zagospodarowania. Zakres pracy obejmował m.in. wyniki analiz wód termalnych z odwiertów: Uniejów PIG/AGH-2, Poddębice GT-2, Tomaszów GT-1, Mszczonów GT-1, Gostynin GT-1 oraz Sieradz GT-1. Istotnym celem pracy było również wskazanie kierunków praktycznego wykorzystania tych wód. Część wód termalnych w centralnej Polsce spełnia kryteria wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, stosownie do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 7 grudnia 2017 r., np. wody z odwiertów Poddębice GT-1 czy Mszczonów GT-1. W Polsce od początku eksploatacji wody termalne wykorzystywane są do ogrzewania budynków użyteczności publicznej oraz mieszkalnych, np. w Poddębicach czy Uniejowie, a także w celach rekreacyjnych. Ze względu na niski poziom mineralizacji, możliwa jest eksploatacja części ciepłowni geotermalnych w systemie jednego otworu z odprowadzaniem schłodzonej wody do pobliskich rzek, np. Neru w Poddębicach. W perspektywie rozważane jest dalsze rozszerzenie zastosowań wód geotermalnych.

PO-17

Izotopowa charakterystyka emisji CO₂ ($\delta^{13}\text{C}$) z gleby w gradiencie wilgotnościowym w lesie mieszanym

Kamila M. Harenda*, Zuzanna Chmielewska

*Katedra Bioklimatologii, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Piątkowska 94, 60-649 Poznań
kamila.harenda@puls.edu.pl

W ekosystemach leśnych zróżnicowanie wilgotności w profilu glebowym może zmieniać intensywność emisji CO₂ oraz sygnaturę $\delta^{13}\text{C}$, odzwierciedlającą udział i przetwarzanie różnych źródeł węgla organicznego [1]. W badaniach połączono pomiar CO₂ i $\delta^{13}\text{C}$ metodą CRDS (Picarro) z oznaczeniem zawartości węgla w próbkach ściółki z humusem (0-5 cm) oraz gleby mineralnej (~15 cm), aby ocenić pionową i poziomą heterogeniczność procesów wzdłuż gradientu wilgotności. Materiał pobrano w lesie mieszanym w trzech transektach reprezentujących zmienność uwilgotnienia, na które wpływa znajdujący się tam zbiornik wodny. W każdym transekcie wyznaczono trzy punkty (1,5 m, 5 m i 10 m od brzegu), z których pobrano materiał z dwóch poziomów (ściółka z humusem oraz gleba mineralna). Pomiar laboratoryjny przeprowadzono w litrowej komorze (próbka objętości ~0,5 l) w warunkach zbliżonych do terenowych (temperatura i wilgotność powietrza), przy czasie rejestracji ok. 20 min na próbkę, co odpowiada podejściu zalecanemu dla szybkich analiz $\delta^{13}\text{C}$ CO₂ z użyciem technik CRDS [2]. Uzyskane wartości $\delta^{13}\text{C}$ mieściły się w zakresie od -31,56‰ do -25,17‰, przy czym średnio bardziej ujemne wartości obserwowano dla warstwy ściółki z humusem niż dla gleby mineralnej, co potwierdza użyteczność integracji danych izotopowych i zawartości węgla w interpretacji źródeł CO₂ w profilu glebowym.

Literatura:

- [1] Ekblad, A. et al. *Oecologia*. 2005, 143:136-142.
- [2] Nowak J., Kowalska A. *J. Anal. At. Spectrom.* 2024, 27, 34-38.
- [3] Munksgaard, N.C. et al. *Isotopes in Environmental and Health Studies*. 2013, 49(2):232-242.

PO-18

Zastosowanie technik TEM-EDS, SEM-EDS oraz TGA-DTA-MS do oceny morfologii i wytrzymałości termicznej nanokatalizatorów zeolitowych

Karolina A. Chałupka-Śpiewak*, Aleksandra Zimon, Małgorzata I. Szyrkowska-Jóźwik

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
karolina.chalupka@p.lodz.pl

Analiza struktury krystalicznej jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na rozwój nauki o zeolitach. Obok powszechnie stosowanej i dającej bardzo dużo podstawowych informacji o strukturze zeolitów - dyfraktometrii proszkowej - równie cenne i szczegółowe informacje zwłaszcza z punktu widzenia potencjalnych zastosowań materiałów porowatych i ich modyfikacji można uzyskać stosując skaningową oraz transmisyjną mikroskopię elektronową. Wyniki analizy SEM oraz TEM w połączeniu z analizą wytrzymałości termicznej materiałów porowatych dają całościowy pogląd o strukturze, odporności termicznej oraz możliwościach wykorzystania nanokatalizatorów w reakcjach chemicznych. W prezentowanej pracy wspomniane techniki wykorzystano do zdefiniowania właściwości teksturalnych oraz termicznych zeolitu BEA poddanego procesowi dealuminacji oraz modyfikowanego kobaltem lub żelazem i użytego jako katalizatora w reakcji Fischera-Tropscha (FTS).

Analiza TGA-DTA-MS wykazała, że zeolit BEA jest materiałem odpornym termicznie, a w połączeniu z wynikami uzyskanymi z pomiarów SEM-EDS badania te wskazują, że przeprowadzone modyfikacje nie powodują zniszczenia struktury krystalicznej. Analiza SEM-EDS dostarczyła dodatkowych informacji wskazujących, że proces dealuminacji przebiegł pomyślnie a krystality metali są homogenicznie rozdyspergowane na powierzchni zeolitu BEA. Wyniki badań TEM-EDS pozwoliły na określenie rozmiaru krystalitów metali Co i oraz wykazały, że naniesienie tych metali na dealuminowany zeolit BEA prowadzi do uzyskania krystalitów o około dwukrotnie mniejszych rozmiarach w porównaniu z układami otrzymanymi na zeolicie niepoddanym procesowi dealuminacji.

Analizę TGA-DTA-MS wykonano również dla próbki po reakcji FTS w celu oceny ilości i rodzaju odłożonego depozytu węglowego. Zaobserwowano, że powstające formy węgla mają charakter łatwoutlenialny, a proces dealuminacji sprzyja ograniczeniu ilości tworzącego się depozytu węglowego.

PO-19

Woltamperometryczna procedura oznaczania tiorydazyny z wykorzystaniem czujnika sitodrukowanego

Katarzyna Tyszczyk-Rotko

*Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
katarzyna.tyszczyk-rotko@mail.umcs.pl*

Substancje przeciwpsychotyczne są stosowane między innymi w leczeniu objawów psychotycznych, takich jak paranoja, omamy, pobudzenie i delirium. W grupie tych substancji znajduje się tiorydazyna (10-[2-(1-metylo-2-piperydylo)etylo]-2-metylotiofenotiazyna) działająca poprzez regulację poziomu substancji takich jak dopamina, serotonina i glutaminian w ludzkim mózgu, których zbyt małe ilości powodują objawy schizofrenii. Tiorydazyna jest również stosowana w leczeniu zakażeń wywołanych przez wielolekooporny szczep *Mycobacterium tuberculosis*, a także przez oporny na metycylinę szczep *Staphylococcus aureus* [1,2].

Pulsowo-różnicowa adsorpcyjna woltamperometria stripingowa w połączeniu z sitodrukowaną elektrodą złotą posłużyła do opracowania czułej i selektywnej procedury oznaczania tiorydazyny z bardzo niską granicą wykrywalności rzędu 10^{-12} mol·L⁻¹ [3]. Adsorpcja na powierzchni elektrody złotej możliwa była dzięki oddziaływaniu z atomami siarki obecnymi w cząsteczce analitu. Możliwości praktycznego zastosowania woltamperometrycznej procedury oznaczania tiorydazyny z powodzeniem potwierdzono analizując próbki ścieków komunalnych i surowicy ludzkiej.

Literatura:

- [1] H. Garfield Kelly, S.G. Laverty Canadian Med. Assoc. 1963, 89, 546-554.
- [2] B.B. Petkovic, D. Kuzmanovic, T. Dimitrijevic, M.P. Krstic, D.M. Stankovic Int. J. Electrochem. Sci. 2017, 12, 3709-3720.
- [3] J. Kozak, K. Tyszczyk-Rotko Measurement. 2023, 217, 113107.

PO-20

Predykcijna analiza emisji lotnych związków organicznych w gazach procesowych z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego

Katarzyna Szramowiat-Sala^{*}, Katarzyna Sztybel, Jerzy Górecki,

*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
ul. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
^{*}katarzyna.szramowiat@agh.edu.pl*

Lotne związki organiczne (VOC) stanowią grupę związków chemicznych emitowanych do atmosfery w wyniku procesów technologicznych zachodzących w instalacjach przemysłowych, w tym w systemach wytwarzania energii. Ich obecność wiąże się z istotnymi skutkami środowiskowymi i zdrowotnymi, ponieważ uczestniczą w reakcjach fotochemicznych prowadzących do powstawania ozonu troposferycznego oraz wtórnych aerozoli organicznych, a wiele z nich wykazuje właściwości toksyczne. Emisja VOC charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie i zależy od parametrów procesu, co utrudnia jej opis przy użyciu klasycznych metod pomiarowych.

W pracy przedstawiono podejście łączące metody analityczne z analizą danych opartą na sztucznej inteligencji w celu przewidywania emisji VOC w gazach procesowych. Podstawę badań stanowił laboratoryjny system pomiarowy umożliwiający oznaczanie VOC oraz rejestrację zmienności emisji w czasie. Uzyskane dane wykorzystano do budowy modeli predykcyjnych z zastosowaniem metod uczenia maszynowego, w tym sztucznych sieci neuronowych.

Opracowane modele pozwoliły na identyfikację zależności pomiędzy parametrami procesu a poziomem emisji VOC oraz ocenę możliwości ich prognozowania. Wyniki wskazują na duży potencjał integracji systemów pomiarowych z metodami uczenia maszynowego w analizie i predykcji emisji w systemach energetycznych i przemysłowych.

Podziękowania, finansowanie: Projekt został sfinansowany przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie (numer grantu: 501.00 210000 10000) oraz z funduszy Inicjatywy Doskonałości Uczelnia Badawcza dla AGH.

PO-21

Ocena zawartości wybranych metali w jajach kurzych

Sara Różycka, Jakub Kubicki, Kinga Wieczorek*

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

**kinga.wieczorek@p.lodz.pl*

Skład mineralny jaj w dużym stopniu zależy od warunków w jakich utrzymuje się kury nioski. Wynika to przede wszystkim z rodzaju stosowanej paszy, jej jakości i kontroli nad ilością spożycia oraz dostępu do otoczenia zewnętrznego [1]. Poziom pierwiastków śladowych, jak i metali ciężkich może się znacząco różnić, w zależności od stosowanego systemu chowu, np. ekologicznego, wolno wybiegowego, ściółkowego, klatkowego. Ocenia się, że jaja z chowu ekologicznego oraz wolnowybiegowego, gdzie ptaki mogą pobierać pokarm w sposób niekontrolowany, np. owady, rośliny, mogą być zanieczyszczone metalami ciężkimi, gdyż kumulują się one w organizmie kury, a następnie przechodzą do składanych przez nie jaj [2, 3]. Celem badań była ocena zawartości wybranych metali w próbkach jaj kurzych. Materiał badawczy stanowiły jaja pozyskane od kur rasy Rosa z chowu przyzagrodowego, żywionych systemem mieszanym (zboża, pasza pełnoporcjowa oraz zasoby wolnego wybiegu). Zakres badań obejmował proces mineralizacji próbek oraz oznaczenie wybranych pierwiastków mineralnych w żółtku oraz białku metodą optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że znaczna część analizowanych pierwiastków, w tym metali ciężkich oraz pierwiastków śladowych znajdowała się poniżej granicy oznaczalności metody. Świadczy to o niskim poziomie zanieczyszczenia badanego materiału metalami toksycznymi.

Literatura:

- [1] F. Kruenti, Online Journal of Animal and Feed Research. 2023, 13, 171-176.
- [2] J. Calik, ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 2016, 3(106), 54-63.
- [3] Ł. Tomczyk, ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 2016, 6(109), 20-27.

PO-22

Uliczna amfetamina pod lupą

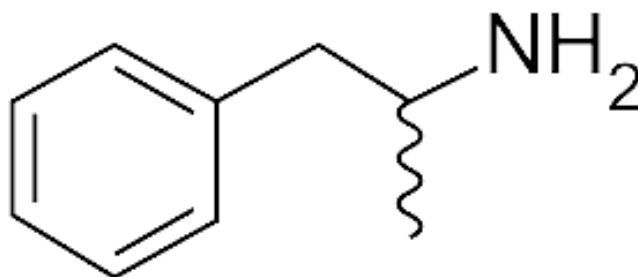
Konrad Rudnicki¹, Grzegorz Kowalski^{1,2}, Olga Szymaniec^{1,2}, Lukasz Poltorak¹,
Karolina Kwaczyński^{1*}

¹Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Tamka 12, 91-403, Łódź

²Szkoła Doktorska Biomedchem UE i Instytutów PAN w Łodzi, Uniwersytet Łódzki
Matejki 21/23, 90-237, Łódź

*karolina.kwaczynski@chemia.uni.lodz.pl

Amfetamina (Rys. 1) to najczęściej nadużywany syntetyczny stymulant w Europie [1]. Uliczne próbki zawierają kofeinę i paracetamol, utrudniając szybką identyfikację kryminalistyczną. Przedstawiamy metodę elektrochemiczną na spolaryzowanej granicy ciecz-ciecz, umożliwiającą selektywne oznaczanie amfetaminy w próbkach ulicznych. W przeciwieństwie do metod wykorzystujących elektrody stałe [2, 3], opiera się na międzyfazowym przenoszeniu jonów. Zapewnia wykrywanie na poziomie $\sim 1 \mu\text{M}$, została zweryfikowana na blisko 300 próbkach skonfiskowanych przez policję. Rozwijamy też podwójny odczyt: oznaczanie elektrochemiczne z barwną zmianą (typowe praktyk testowania obecności narkotyków).



Rys. 1. Struktura chemiczna amfetaminy.

Podziękowania, finansowanie: Narodowe Centrum Nauki w Krakowie: projekty 2022/47/D/ST5/02523 (oznaczanie kolorymetryczne) oraz 2024/55/B/ST4/01947 (elektroanaliza amfetaminy na spolaryzowanej granicy ciecz-ciecz).

Literatura:

- [1] European Drug Report 2025, https://www.euda.europa.eu/publications/european-drug-report/2025/synthetic-stimulants_en
- [2] K.R. Teófilo, L.C. Arantes, P.A. Marinho, A.A. Macedo, D.M. Pimentel, D.P. Rocha, A.C. de Oliveira, E.M. Richter, R.A.A. Munoz, W.T.P. dos Santos, *Microchem. J.* 2020, 157, 105088.
- [3] M. Parrilla, N.F. Montiel, F. Van Durme, K. De Wael, *Sens Actuators B Chem.* 2021, 337, 129819.

PO-23

Wpływ azoksystrobiny na aktywność fotosyntezy i zawartość związków fenolowych w ostropeście plamistym

Dawid Krakowiak^{*}, Dorota Adamczyk-Szabela, Wojciech M. Wolf

*Wydział Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka
ul. Zeromskiego 114, 90-924 Łódź
^{*}dawid.krakowiak@dokt.p.lodz.pl*

Ostropest plamisty (*Silybum marianum* L.) jest jedną z najważniejszych roślin leczniczych uprawianych na całym świecie. Surowcem zielarskim są owoce *Fructus silybi mariani* zawierające sylimarynę, cenioną za swoje działanie przeciwzapalne i hepatoprotekcyjne. Uprawy polowe ziół prowadzone w warunkach kontrolowanych często narażone są na choroby wywoływane przez patogeny grzybowe. Konsekwencją tego jest konieczność zastosowania efektywnej ochrony. Jednym z najczęściej stosowanych fungicydów jest azoksystrobina ($C_{22}H_{17}N_3O_5$) należąca do grupy strobiluryn.

Celem pracy była ocena wpływu azoksystrobiny na kondycję fizjologiczną ostropestu plamistego.

Uprawę ziół prowadzono metodą wazonową w fitotronach, w kontrolowanych warunkach temperatury, wilgotności i natężenia światła. Trzy miesiące po wysiewie nasion, rośliny traktowano azoksystrobina w dawce 0,2 mg/pojemnik. Po upływie 7, 14, 28 i 42 dni dla roślin ostropestu wykonano pomiar zawartości chlorofilu i parametrów fotosyntezy (fotosyntezę netto (P_N), przewodność szparkową (G_s), międzykomórkowe stężenie CO_2 (C_i), transpirację (E)). Ponadto oznaczono zawartość fungicydu w ziołach wykorzystując metodą QuEChERS sprzężoną z techniką HPLC. Odpowiedź roślin na zmieniające się warunki uprawy oszacowano na podstawie ogólnej zawartości związków fenolowych wyznaczonej metodą Folina-Ciocalteu. Zaobserwowano systematyczny spadek stężenia azoksystrobiny w częściach nadziemnych roślin wraz z upływem czasu. Degradacji fungicydu towarzyszył istotny wzrost ogólnej zawartości fenoli w ostropeście, co sugeruje aktywację mechanizmów obronnych w odpowiedzi na stres. Początkowy, pozytywny wpływ azoksystrobiny na parametry fotosyntezy utrzymywał się jedynie do siódmego dnia ekspozycji. Po dłuższym czasie nastąpił wyraźny spadek wydajności aparatu fotosyntetycznego.

PO-24

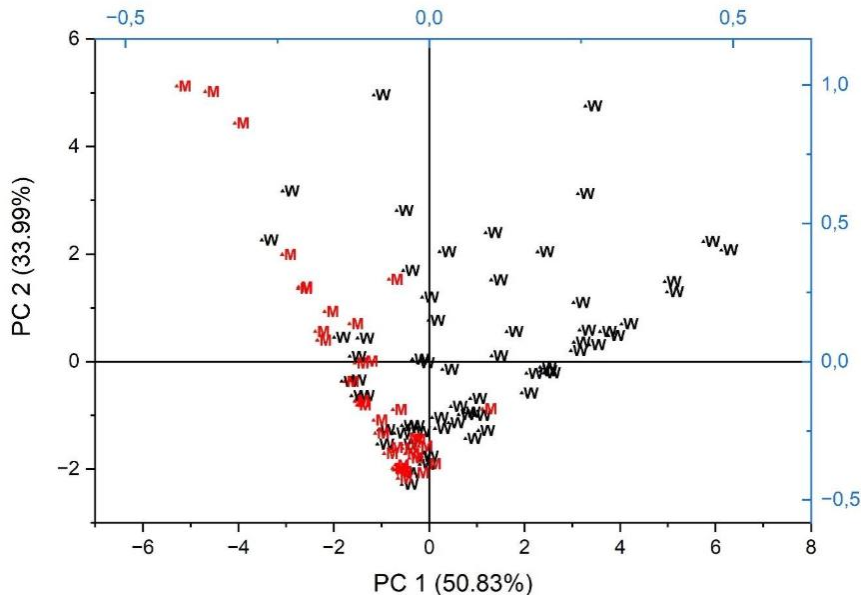
Rozróżnianie płci na podstawie składu powierzchni włosa przy zastosowaniu techniki TOF-SIMS

Aleksandra Bednarek*, Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

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

Spektrometria mas jonów wtórnych z analizatorem czasu przelotu (TOF-SIMS) znajduje zastosowanie w badaniach próbek kryminalistycznych, a jej istotną zaletą jest quasi-nieniszczący charakter analizy. Z tego względu podjęto próbę wykorzystania tej techniki do badań włosów. Porównanie widm otrzymanych z próbek pochodzących od kobiet i mężczyzn pozwoliło wytypować sygnały częściej występujące w widmach jednej z grup. Aby ustalić, czy obserwowane różnice pozwalają jednoznacznie zdeterminować płeć osoby, od której pochodzą włosy, wyniki poddano analizie głównych składowych (PCA). Dzięki temu możliwe było ocenienie czy wskazane sygnały jonowe układają się w wyraźne grupy odpowiadające płci, a co za tym idzie, czy jest możliwe stworzenie modelu klasyfikacyjnego, który pozwoliłby na jednoznaczną identyfikację.

Podsumowując, otrzymane wyniki pokazują, że zastosowanie techniki TOF-SIMS połączonej z analizą statystyczną to obiecująca ścieżka rozwoju badań kryminalistycznych włosów i może przyczynić się do stworzenia narzędzi identyfikacji, które zwiększą wartość dowodową oraz skuteczność badań tego rodzaju próbek.



Rys. 1. Rzut przypadków na płaszczyznę czynników dla badanych próbek włosów kobiet (W) i mężczyzn (M).

PO-25

Wykrywanie zafałszowań miodu z wykorzystaniem analizy pierwiastkowej i metod chemometrycznych

Magdalena Gajek*, Karolina Moj, Piotr Wysocki, Elżbieta Kuśmierek,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

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

**magdalena.gajek@p.lodz.pl*

Autentyczność miodu stanowi istotne wyzwanie analityczne ze względu na powszechność praktyk zafałszowujących, obejmujących m.in. dodatek tanich syropów cukrowych. W niniejszej pracy oceniono możliwość wykrywania zafałszowań miodów przy użyciu analizy składu pierwiastkowego połączonej z parametrami fizykochemicznymi oraz metodami chemometrycznymi.

Do badań wykorzystano pięć rodzajów polskich miodów o różnym pochodzeniu botanicznym, które celowo zafałszowano wybranymi dodatkami cukrowymi (syrop inwertowany, syrop buraczany, melasa buraczana oraz sztuczny miód) na poziomie 10% i 50% (v/v).

Oznaczenia składu pierwiastkowego wykonano metodą ICP-OES.

Równolegle oznaczono zawartość wody, cukrów oraz przewodność elektryczną. Dane poddano analizie chemometrycznej z wykorzystaniem analizy głównych składowych (PCA) oraz hierarchicznej analizy skupień (HCA).

Wyniki wykazały, że zafałszowanie miodów prowadzi do istotnych zmian zarówno w bezwzględnych stężeniach pierwiastków, jak i w charakterystycznych stosunkach, w szczególności K/Na, który ulegał obniżeniu nawet o ponad 90% przy 50% dodatku zafałszowującego. Analiza PCA umożliwiła wyraźne rozróżnienie próbek naturalnych, zafałszowanych oraz samych dodatków cukrowych. Najsilniejszy wpływ na separację próbek gwarantowały makroelementy oraz przewodność elektryczna.

Wyniki wskazują, że połączenie prostych analiz fizykochemicznych, składu pierwiastkowego i chemometrii stanowi skuteczne, relatywnie tanie narzędzie przesiewowe do wykrywania zafałszowań miodów [1].

Literatura:

[1] M. Gajek, K. Moj, P. Wysocki, E. Kuśmierek, M.I. Szynkowska-Jóźwik. Foods. 2026, 3, 562.

PO-26

Zafalszowanie win białych sokiem jabłkowym w świetle analizy pierwiastkowej i chemometrii

Magdalena Gajek*, Joanna Ścibiorek, Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
magdalena.gajek@p.lodz.pl

Autentyczność win stanowi istotne wyzwanie analityczne, szczególnie w kontekście praktyk zafalszowujących polegających na dodatku tanich soków owocowych. Sok jabłkowy, ze względu na neutralną barwę i smak, może być dodawany do win białych bez łatwej detekcji sensorycznej. Metody sensoryczne i rutynowe oznaczenia fizykochemiczne są często niewystarczające do wykrywania zafalszowań, co uzasadnia użycie technik instrumentalnych [1].

Celem pracy była ocena wpływu dodatku soku jabłkowego na skład pierwiastkowy oraz pH win białych, a także określenie przydatności analizy wielopierwiastkowej połączonej z metodami statystycznymi i chemometrycznymi w wykrywaniu tego typu zafalszowań. Badaniom poddano 60 win białych reprezentujących siedem odmian winorośli, w tym 45 próbek wina Riesling celowo zafalszowanych sokiem jabłkowym na poziomie 5%, 10% i 20% (v/v).

Oznaczenia 24 pierwiastków wykonano metodą ICP-OES. Dodatkowo oznaczono pH próbek. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej oraz analizie głównych składowych (PCA). Stwierdzono, że dodatek soku jabłkowego powodował systematyczny spadek stężeń większości pierwiastków, co wynika z jego niższej mineralizacji w porównaniu z winem. Odmienny trend zaobserwowano dla sodu, którego zawartość wzrastała wraz ze wzrostem udziału dodatku, co przypisano właściwościom matrycy soku jabłkowego oraz czynnikom technologicznym.

Przeprowadzona ocena ryzyka zdrowotnego wykazała, że wartości ADI, THQ, HI oraz CR dla wszystkich próbek pozostawały znacznie poniżej progów uznawanych za niebezpieczne, przy czym odmiana Riesling charakteryzowała się najwyższymi wartościami wszystkich analizowanych wskaźników.

Literatura:

[1] M. Gajek, A. Pawlaczyk, M.I. Szynkowska-Jóźwik, *Molecules*. 2021, 26, 1.

PO-27

Zastosowanie spektrometrii mas w identyfikacji pozostałości mikroplastiku w materiale histopatologicznym pobranym ze guzów tarczycy

Marta Góralczyk*, Joanna Lewandowska

Instytut Chemii Organicznej, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

**m.goralczyk513@gmail.com*

Obecne badania naukowe ukierunkowane są na analizę mikroplastiku z uwagi na jego wszechobecność w środowisku naturalnym [1]. Obecność polimerów w układzie pokarmowym czy oddechowym jest udokumentowana, jednakże bezpośrednia kumulacja w narządach oraz potencjalny wpływ na procesy biologiczne czy onkogenezę wciąż stanowią obszar wymagający dalszych badań [2].

Do badań nad obecnością mikroplastiku w tkankach wykorzystano metodę MALDI-MS, która pozwoliła na zarejestrowanie widm wzorcowych dla najczęściej występujących polimerów, takich jak polipropylen (PP), polietylen (PE), polistyren (PS) oraz poli(glikol etylenowy) (PEG). Zastosowanie obrazowania MALDI-IMS do analizy tkanek otrzymanych z Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi umożliwiło detekcję mikroplastiku w tkankach, zarówno ze zmianami nowotworowymi jak i bez nich.

Przeprowadzona analiza statystyczna uzyskanych danych umożliwiła zauważenie korelacji między kumulacją mikroplastiku w tkankach zdrowych i zmienionych. Dodatkowym elementem badań była identyfikacja specyficznych dodatków obecnych w polimerach, co pozwoliło na dokładniejszą charakterystykę związków syntetycznych obecnych w badanym materiale biologicznym.

Literatura:

- [1] Saha, U., et al. (2024). Detrimental consequences of micropolymers associated plasticizers on endocrinal disruption. *Materials Today Bio*, 27, 101139. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101139>
- [2] Dzierżyński, E., et al. (2025). Post-mortem evidence of microplastic bioaccumulation in human organs: Insights from advanced imaging and spectroscopic analysis. *Archives of Toxicology*, 99, 4051-4066. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04092-2>

PO-28

Nowa metoda chromatograficzna do analizy stężeń gazów cieplarnianych CH₄, CO₂ i N₂O w powietrzu

Michał Bucha^{1*}, Dominika Lewicka-Szczebak¹, Piotr Wójtowicz^{2,3}

¹*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna, 50-204 Wrocław*

²*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin*

³*SHIM-POL A.M. Borzymowski, ul. Lubomirskiego 5, 05-080 Izabelin*

**michal.bucha@uwr.edu.pl*

Prezentowany system pomiarowy jest zbudowany w oparciu o chromatograf gazowy Shimadzu Nexis GC-2030 wraz z autosamplerem do próbek gazów cieplarnianych AS-210 (SRI Instruments Europe GmbH). W systemie zastosowano dwa zawory połączone z trzema kolumnami kapilarnymi: kolumna RT-Msieve 5A (30 m, 0.53 mm ID, 20 μm df; Restek cat. #19723) i dwie kolumny SH-Q-BOND (30 mm, 0.53 mm ID, 20 μm df; Shimadzu cat. #221-75765-30) oraz dwa detektory - wyładowania barierowego (BID) oraz przewodnictwa cieplnego (TCD). Konfiguracja systemu umożliwia oznaczenie pełnego zakresu stężeń CH₄, CO₂ i N₂O od typowych stężeń atmosferycznych (BID) do 100% zawartości (TCD). Weryfikacja i kalibracja metody została przeprowadzona w oparciu o pomiary gazów wzorcowych (powietrze sprężone; certyfikowana mieszanina gazów specjalnych) oraz eksperyment porównawczy - kilkudniowy monitoring powietrza w laboratorium. Powietrze pobierane co pół godziny z pustego podajnika autosamplera AS-210 było analizowane za pomocą chromatografu gazowego i jednocześnie w sposób ciągły przy zastosowaniu dwóch spektroskopów laserowych Picarro - do oznaczeń stężeń CH₄ i CO₂ oraz stężeń N₂O. Testy wykazały, że proponowana metoda chromatograficzna charakteryzuje się błędem pomiarowym atmosferycznego stężenia CH₄, CO₂, N₂O nie przekraczającym odpowiednio 3.23%, 0.56% i 0.87%. Zaletą metody jest jej uniwersalność, pozwalająca na pomiar próbek o nieznanym stężeniu (w zakresie od 300 ppb do 100%), długoterminowa stabilność oraz brak konieczności stosowania materiału radiogenicznego do detekcji N₂O (jak w przypadku detektora wychwyty elektronów ECD).

Finansowanie: Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki - projekty nr 2021/41/B/ST10/01045 (DLS) i nr 2023/51/B/ST10/02794 (MB)

PO-29

Metody instrumentalne w analizie nowych połączeń koordynacyjnych Mg(II), Ca(II) i Sr(II) z flurbiprofenem

Natalia Gierczak, Karolina Kafarska, Michał Gacki, Wojciech M. Wolf

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

Niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) należą do najczęściej stosowanych leków na świecie. Są powszechnie podawane w celu zmniejszenia bólu, gorączki oraz objawów związanych z chorobą zwyrodnieniową stawów [1]. Ich działanie przeciwzapalne jest głównie związane z hamowaniem cyklooksygenazy (COX), enzymu odpowiedzialnego za pośredniczenie w procesach zapalnych w organizmie [2]. Niestety, długotrwałe stosowanie NLPZ może prowadzić do poważnych działań niepożądanych. Jedną ze strategii zwiększania aktywności biologicznej i biodostępności leków jest tworzenie kompleksów z odpowiednio dobranymi kationami metali [3].

Stosunkowo niewiele uwagi poświęcono dotychczas kompleksom zawierającym jony metali ziem alkalicznych [4]. Jony te są niezbędne dla licznych procesów biologicznych, w tym różnicowania i podziału komórek, apoptozy, utrzymania homeostazy oraz przekazywania impulsów nerwowych [5].

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

Literatura:

- [1] S. Wongrakpanich, A. Wongrakpanich, K. Melhado, J. Rangaswami, Aging Disease. 2018, 9, 143-150.
- [2] H. Zhao-Fleming, A. Hand, K. Zhang, R. Polak, A. Northcut, D. Jacob, S. Dissanaika, K.P. Rumbaugh, Burns Trauma. 2018, 6.
- [3] M. Brzozowska, B. Jana, J. Całka, International Journal of Molecular Sciences. 2021, 22, 11689. DOI 10.3390/ijms222111689.
- [4] Y. Ling, D. Bai, Y. Feng, Y. He, J. Solid State Chem. 2016, 242, 47-54.
- [5] S.R. Shah, Z. Shah, A. Khan, A. Ahmed, Sohani, J. Hussain, R. Csuk, M. U. Anwar, A. Al-Harrasi, ACS Omega. 2019, 4, 21559-21566.

PO-30

Badania składu kompleksów wybranych metali przejściowych z aceklofenakiem z zastosowaniem metod instrumentalnych

Patrycja Schab^{*}, Karolina Kafarska, Michał Gacki, Wojciech M. Wolf

*Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
^{*}patrycja.schab@dokt.p.lodz.pl*

Aceklofenak należy do niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ) wykazujących działanie przeciwzapalne, przeciwgorączkowe i przeciwbólowe [1]. Związki z tej grupy są szeroko badane w chemii koordynacyjnej ze względu na budowę umożliwiającą występowanie połączeń koordynacyjnych z jonami metali [2]. Dotychczasowe badania sugerują, że kompleksowanie aceklofenaku z jonami metali może modulować jego profil farmakologiczny, prowadząc do otrzymania związków o potencjalnie mniejszej toksyczności niż wolny lek [3]. Celem pracy była synteza i badania kompleksów wybranych metali przejściowych z aceklofenakiem. Związki zostały scharakteryzowane przy użyciu metod spektroskopowych i analitycznych. Spektroskopia FTIR pozwoliła na potwierdzenie występowania wiązania koordynacyjnego między metalem a ligandem, natomiast atomowa spektrometria absorpcyjna (AAS) umożliwiła oznaczenie zawartości metalu w poszczególnych kompleksach. Analiza termiczna (TG) oraz sprzężona technika TG-MS dostarczyły informacji o stabilności termicznej kompleksów, stopniu hydratacji oraz o składzie produktów gazowych powstających podczas rozkładu.

Podziękowania, finansowanie: Praca finansowana w ramach programu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej – grant nr W-3D/FU2N/4/2024.

Literatura:

- [1] G. Iolascon, S. Giménez, D. Mogyorósi, J. Pain Res. 2021, 14, 3651-3663.
- [2] A.C.F. Santos, L.P.G. Monteiro, A.C.C. Gomes, F. Martel, T.M. Santos, B.J.M.L. Ferreira, Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 2855.
- [3] M.A. Kale, R. Shelke, R.B. Nawale, Antiinflamm Antiallergy Agents Med Chem. 2014, 13, 36-44.

PO-31

Od jelita do mózgu: sygnatury metabolomiczne moczu związane z mikrobiotą w chorobie Parkinsona

Paulina Gątarek^{*}, Julita Jeznach, Joanna Kałużna-Czaplińska

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
^{*}paulina.gatarek@p.lodz.pl*

W ostatnich latach rośnie zainteresowanie rolą mikrobioty jelitowej i jej wpływem na układ nerwowy. Dysbioza może prowadzić do zmian w produkcji metabolitów oddziałujących na oś jelito-mózg, które uczestniczą w patogenezie chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Parkinsona (chP).

Coraz więcej badań wskazuje, że procesy chorobowe mogą mieć swój początek w przewodzie pokarmowym.

Celem badań była ocena różnic w profilu metabolomicznym moczu pomiędzy pacjentami z chP a osobami zdrowymi oraz identyfikacja potencjalnych biomarkerów związanych z mikrobiotą jelitową. Analizę niecelowaną przeprowadzono metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS). Próbki poddano ekstrakcji i derywatywacji, a dane znormalizowano względem wzorca wewnętrznego i kreatyniny (mmol/L), następnie poddano transformacji logarytmicznej i zaawansowanej analizie statystycznej.

Analiza PCA wykazała częściową separację między badanymi grupami. Zidentyfikowano istotnie różniące się metabolity ($q < 0,05$, $VIP > 1$), związane z mikrobiotą jelitową (kwas 3-hydroksyhipurowy, pochodne indolowe) oraz metabolizmem węglowodanów (arabitol, ksylitol). Wyniki wskazują na zaburzenia aktywności mikrobioty jelitowej oraz przemian energetycznych u pacjentów z chP, potwierdzając potencjalną rolę osi jelito-mózg. Niecelowana analiza metabolomiczna moczu może stanowić użyteczne narzędzie w identyfikacji biomarkerów chP, jednak wymaga dalszej walidacji.

Literatura:

- [1] P. Gątarek *Biomedicines*. 2022, 12, 72-79.
- [2] V. Rémy *Microbiome*. 2025, 13(1), 200.

PO-32

Wpływ dodatku biowęgla na biodostępność ftalanów

Bożena Czech^{*}, Artur Sokołowski

*Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Wydział Chemii
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin*

W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie przeróbką materiałów odpadowych, w tym biomasy w kierunku materiałów funkcjonalnych [1]. Takim materiałem otrzymanym z pirolizy biomasy jest biowęgiel. Jest on stosowany często jako sorbent wielu zanieczyszczeń [2], ale głównie w rolnictwie, jako dodatek do gleb mający zwiększyć ich żyzność [3]. Pozytywny efekt biowęgla sprowadza się nie tylko do polepszenia właściwości fizykochemicznych gleby (struktury, porowatości, pH, pojemności wodnej, źródła substancji odżywczych itp. [4]), ale też wpływa na losy innych związków obecnych w glebie, w tym zanieczyszczeń, poprzez zmianę ich biodostępności. Celem naszych badań było określenie jak dodatek biowęgla do gleby (w ilości 1% wag.) wpływa na biodostępność ftalanów w układzie gleba-warzywo [5]. Badana była zawartość sześciu priorytetowych ftalanów (DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP i DNOP) w glebie i w korzeniach oraz liściach sałaty. Wykazano, że dodatek 1% biowęgla otrzymanego z kukurydzy prowadzi do bardzo efektywnej immobilizacji ftalanów w glebie, powodując wzrost ich całkowitego stężenia od 2,5 do 4 razy w porównaniu z glebą bez dodatku biowęgla. Skuteczność immobilizacji była zależna od rodzaju ftalanu i przebiegała w kolejności: DBP < DEP < DMP < DEHP < DNOP < BBP. Stwierdzono, że ftalany akumulują się głównie: w korzeniach sałaty: DMP, BBP, DEHP, w liściach sałaty: DEP, DBP, DNOP.

Literatura:

- [1]. M. Ahmad, A.U. Rajapaksha, J.E. Lim, M. Zhang, N. Bolan, D. Mohan, M. Vithanage, S.S. Lee, Y.S. Ok Chemosphere. 99 (2014) 19-33.
- [2]. M.J. Ahmed, B.H. Hameed, J. Clean. Prod. 265 (2020) 121762.
- [3]. J. Li, W. Sun, E. Lichtfouse, C. Maurer, H. Liu, Sci. . Total Environ. 951 (2024) 175448.
- [4]. G. Baiamonte, G. Crescimanno, F. Parrino, C. De Pasquale, CATENA. 175 (2019) 294-303.
- [5]. A. Sokołowski, M.P. Dybowski, P. Oleszczuk, Y. Gao, B. Czech, Food Chem. 440 (2024) 138222.

PO-33

Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem do elektrochemicznej analizy śladowej penoksulamu

Sandra Chmiel^{1,2*}, Lubomír Švorc³, Mariola Brycht¹

¹Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź

²Szkoła Doktorska BioMedChem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi, Uniwersytet Łódzki
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

³Słowacki Uniwersytet Technologiczny w Bratysławie, Wydział Technologii Chemicznej
i Żywności, Instytut Chemii Analitycznej, Radlinského 9, 812 37 Bratysława, Słowacja
*sandra.chmiel@edu.uni.lodz.pl

Współczesne rolnictwo wiąże się z powszechnym stosowaniem pestycydów, w tym penoksulamu (PXN), należącego do grupy herbicydów. Jest on stosowany w rolnictwie ze względu na wysoką skuteczność w zwalczaniu chwastów dwuliściennych oraz turzyc, szczególnie w uprawach ryżu i kukurydzy. Jednak jego nadmierne stosowanie może prowadzić do zanieczyszczenia środowiska, co uzasadnia potrzebę opracowania czułych metod oznaczania PXN.

W ramach prezentowanej pracy przedstawiono nową elektroanalityczną procedurę oznaczania PXN z wykorzystaniem elektrody diamentowej domieszkowanej borem (BDDE) oraz techniki woltamperometrii pulsowo-różnicowej (DPV).

Badania wykazały, że najkorzystniejsze warunki oznaczania PXN na BDDE uzyskano przy pH 2,0 buforu Brittona-Robinsona. Zoptymalizowane parametry techniki DPV umożliwiły uzyskanie dwóch zakresów liniowości: $1,0 \times 10^{-8} - 2,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ oraz $2,0 \times 10^{-7} - 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Opracowana metoda charakteryzuje się niską granicą wykrywalności ($\text{LOD} = 1,92 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) oraz wysoką selektywnością wobec interferentów. Jej przydatność potwierdzono w analizie próbek rzeczywistych (wody rzecznej), uzyskując odzysk (98,2%) oraz dobrą precyzję ($\text{RSD} = 2,4\%$). Opracowana metoda stanowi prostą, czułą i niskokosztową alternatywę oznaczania PXN na poziomie śladowym w próbkach środowiskowych.

Podziękowania, finansowanie: Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej (NAWA), nr grantu BPI/STE/2023/1/00019/U/00001 oraz program CEEPUS (sieć SI-0905-2425: “Training and research in environmental chemistry and toxicology”).

PO-34

Elektrochemiczna analiza śladowa deschloroklozapiny na elektrodach sitodrukowanych

Sandra Chmiel^{1,2*}, Klaudia Czarnecka¹, Ľubomír Švorc³, Mariola Brycht¹

¹Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej
ul. Tamka 12, 91-403 Łódź

²Szkoła Doktorska BioMedChem UŁ i Instytutów PAN w Łodzi, Uniwersytet Łódzki
ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź

³Słowacki Uniwersytet Technologiczny w Bratysławie, Wydział Technologii Chemicznej
i Żywności, Instytut Chemii Analitycznej, Radlinského 9, 812 37 Bratysława, Słowacja
*sandra.chmiel@edu.uni.lodz.pl

Deschloroklozapina (DCZ) jest aktywnym metabolitem klozapiny oraz związkem szeroko stosowanym w badaniach neurobiologicznych, m.in. jako selektywny agonista receptorów DREADD, czyli zaprojektowanych receptorów wybiórczo aktywowanych przez zaprojektowane związki. Ze względu na wysoką aktywność biologiczną wobec neuronów, nawet przy bardzo niskich stężeniach, związek ten wymaga szczególnej uwagi. Kluczowe jest opracowanie czułych i selektywnych metod oznaczania, umożliwiających analizę śladową w złożonych matrycach.

W niniejszej pracy przedstawiono elektroanalityczną procedurę oznaczania DCZ z wykorzystaniem elektrod sitodrukowanych na bazie węgla (SPCE) oraz woltamperometrii pulsowo-różnicowej (DPV). Optymalne warunki oznaczania uzyskano w buforze Brittona-Robinsona o pH 8,0. Po dobraniu odpowiednich parametrów techniki DPV, możliwe było oznaczanie DCZ na SPCE w szerokim zakresie liniowości $1,0 \times 10^{-8} - 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, przy granicy wykrywalności wynoszącej $8,1 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Opracowana metoda oznaczania wykazuje wysoką selektywność wobec jonów nieorganicznych, jonów metali ciężkich oraz innych pestycydów. Jej przydatność potwierdzono w analizie próbki rzeczywistej - pożywki Neurobasal, przeznaczonej do hodowli neuronów *in vitro*, z zastosowaniem metody dodatku wzorca. Uzyskano odzysk na poziomie 106,7% oraz dobrą precyzję (RSD 3,1%). Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność metody w analizie śladowej DCZ w złożonych próbkach.

Podziękowania, finansowanie: program CEEPUS (sieć SI-0905-2425: “Training and research in environmental chemistry and toxicology”).

PO-35

Docking study of cyclic dipeptides as NTSR1 modulators: implications for trace analysis of bioactive compound

Sepideh Jafari^{*}, Joanna Bojarska, Wojciech M. Wolf

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemii, Politechnika Łódzka

^{}Sepideh.jafari@dokt.p.lodz.pl*

Cyclic dipeptides and related peptide-like scaffolds have emerged as promising modulators of G protein-coupled receptors (GPCRs), which are key targets in neurodegenerative disease research. The neurotensin receptor 1 (NTSR1) is of particular interest due to its involvement in dopaminergic signalling, neuroinflammation, and neuronal regulation, making it a relevant candidate for structure-based ligand discovery [1-2].

In this work, a small set of cyclic dipeptides was evaluated as simplified mimetics of neurotensin-related interactions. Molecular docking studies were conducted using the crystal structure of NTSR1 (PDB ID: 4RVG) to investigate the binding modes and affinity of the selected compounds within the receptor binding pocket. Docking simulations were performed using AutoDock 4.2, a widely used molecular docking platform for predicting ligand-receptor interactions [3].

The analysis was focused on binding orientation, stability within the active site, and the nature of key non-covalent interactions. The results indicate that cyclic peptide scaffolds can be accommodated within the NTSR1 binding site, where aromatic residues and conformational rigidity appear to play an important role in stabilizing ligand binding. Differences in side-chain composition were observed to influence interaction patterns and overall binding behavior.

Although this investigation is computational in scope, it provides useful preliminary information on peptide-like scaffolds targeting NTSR1, with potential implications for early-stage drug discovery. Furthermore, *in silico* approaches can complement instrumental trace analytical methods by enabling efficient prioritization of candidate molecules for future experimental assessment [4].

Literature:

- [1] J. Bojarska et al., *Biomolecules*, 2021, 11, 1515.
- [2] R. Huang et al., *Nature*, 2020, 579, 303-308.
- [3] G.M. Morris et al., *J. Comput. Chem.*, 2009, 30, 2785-2791.
- [4] A.S. Hauser et al., *Nat. Rev. Drug Discov.*, 2017, 16, 829-842

PO-36

Spektroskopia LIBS i mikroskopia cyfrowa w klasyfikacyjnej analizie kryminalistycznej materiałów opakowaniowych

Sandra Sawicka^{1*}, Aleksandra Pawlaczyk¹, Waldemar Krawczyk²,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik¹

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

²*Usługi Kryminalistyczne, ul. Sosnowa 4, 05-120 Legionowo
243225@edu.p.lodz.pl

Identyfikacja materiałów kryjących i podłoży stosowanych w dokumentach stanowi istotny obszar badań kryminalistycznych, ukierunkowany na różnicowanie ich składu [1]. W obliczu rosnącej skali fałszerstw analiza materiałów opakowaniowych staje się ważnym narzędziem wspomagającym weryfikację autentyczności produktów. Problem ten ma wymiar światowy - według danych *Organisation for Economic Co-operation and Development* i *European Union Intellectual Property Office* podróbki stanowią 2,3% światowego handlu (ok. 467 mld USD) oraz 4,6% importu Unii Europejskiej [2]. Wśród nich wyróżniają się kosmetyki i perfumy, których udział w przejęciach celnych wzrósł z 4% do niemal 10% [2]. W związku z tym szczególnego znaczenia nabierają metody analityczne umożliwiające charakterystykę materiałów przy minimalnej ingerencji w próbkę [3]. Celem pracy była ocena przydatności spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem laserowym (LIBS) oraz mikroskopii cyfrowej, wspartych analizą głównych składowych (PCA), w klasyfikacyjnej analizie kryminalistycznej materiałów opakowaniowych. Badaniom poddano opakowania produktów kosmetycznych (podłoża papierowe i tonery), analizując ich skład pierwiastkowy oraz cechy morfologiczne. Przebadano 91 opakowań (455 elementów) reprezentujących 4 marki. Uzyskane wyniki wskazują, że połączenie techniki LIBS, mikroskopii cyfrowej oraz metod chemometrycznych stanowi efektywne narzędzie wspomagające ocenę autentyczności materiałów opakowaniowych oraz różnicowanie próbek pod względem ich pochodzenia.

Literatura:

- [1] C.M. Deviterne-Lapeyre *Forensic Sci. Int.* 2020, 311, 110-120.
- [2] OECD, *EUIPO Mapping Global Trade in Fakes* 2019, 1-150.
- [3] A. Tomar *TrAC Trends Anal. Chem.* 2021, 140, 116-130.

PO-37

Chemometryczne podejście do korekcji widm LIBS w analizie kawy

Jonasz Tadeusz Starkiewicz*, Aleksandra Pawlaczyk, Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
ul. Żeromskiego 114, 90-924 Łódź
jonasz.starkiewicz@dokt.p.lodz.pl

LIBS czyli spektroskopia emisyjna ze wzbudzeniem laserowym jako szybka, czuła oraz nieniszcząca technika analityczna pozwala na bezpośrednią analizę składu pierwiastkowego danego obiektu, jak i ustalenie różnic w tzw. profilu widm emisyjnych. Za jej pomocą można zweryfikować obecność w próbce zanieczyszczeń czy domieszek, w celu wstępnego opracowania metodyki pod dalsze analizy ilościowe (tzw. badania screeningowe). Niezbędnym elementem pomiaru z wykorzystaniem techniki LIBS jest etap optymalizacji parametrów pracy spektrometru emisyjnego tj. mocy, czasu bramki, częstotliwości, szybkości skanowania. W przypadku próbek żywności takich jak ziarna kawy Arabica, o niezwykle bogatej i skomplikowanej matrycy, zawierającej związki polifenolowe, kofeinę, cukry i tłuszcze, mogące istotnie wpływać na jakość rejestrowanych widm, dobór parametrów może okazać się bardzo wymagający.

W niniejszej pracy przeprowadzono chemometrycznie wspomaganą ocenę i wybór parametrów pracy spektrometru LIBS do rejestracji widm bezpośrednio z powierzchni ziaren kawy. W celu weryfikacji prawidłowości wyboru warunków analizy dokonano analizy chemometrycznej i statystycznej wykorzystując testy normalności i istotności oraz analizę korelacji. Dodatkowo przeprowadzono porównanie wpływu korekcji (ALS oraz filtr Savitzky'ego-Golaya) widm na jakość danych wejściowych oraz ich zdolność do dyskryminacji przykładowego zbioru próbek.

Podziękowania, finansowanie: Praca finansowana w ramach programu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej - grant nr W-3D/FU2N/18/2025/G.

PO-38

Optimalizacja procedury mineralizacji próbek kawy do oznaczania stężeń wybranych pierwiastków techniką ICP-OES

Jonasz Tadeusz Starkiewicz*, Aleksandra Pawlaczyk, Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
ul. Żeromskiego 114, 90-924 Łódź
jonasz.starkiewicz@dokt.p.lodz.pl

Analiza składu pierwiastkowego kawy stanowi istotny element badań dotyczący jakości, bezpieczeństwa oraz autentyczności produktów spożywczych. Oznaczanie makro- i mikroelementów może być wykorzystywane zarówno w kontroli jakości surowca, jak i w badaniach nad pochodzeniem geograficznym kawy. Jedną ze stosowanych technik analitycznych w tego typu badaniach jest optyczna spektroskopia emisyjna z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-OES). Kluczowym etapem poprzedzającym analizę jest odpowiednie przygotowanie próbki, które ma wpływ na dokładność, powtarzalność oraz wiarygodność uzyskiwanych wyników.

Celem badań była ocena wpływu różnych mieszanin mineralizujących na wyniki oznaczania stężeń wybranych pierwiastków w próbkach kawy techniką ICP-OES. Próbki poddano mineralizacji mikrofalowej z wykorzystaniem różnych mieszanin trawiących opartych na kwasach utleniających, w tym z dodatkiem H_2O_2 w różnych proporcjach.

Do oceny wpływu zastosowanej procedury mineralizacji na uzyskiwane wyniki wykorzystano test Kruskala-Wallisa oraz post-hoc Dunna.

Analiza statystyczna pozwoliła na identyfikację istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi wariantami przygotowania próbki. Na podstawie uzyskanych wyników jako optymalną procedurę mineralizacji wybrano mieszaninę $HNO_3:H_2O_2$ (10:1 ml). Wyniki ukazują, że odpowiednio dobrana procedura mineralizacji znacząco wpływa na jakość danych a wykorzystane testy i modele mogą z powodzeniem wskazywać na najbardziej optymalne parametry.

Podziękowania, finansowanie: Praca finansowana w ramach programu „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” wspierającego doskonałość naukową Politechniki Łódzkiej - grant nr W-3D/FU2N/18/2025/G.

PO-39

Charakterystyka składu pierwiastkowego roślin stosowanych w tradycyjnej medycynie chińskiej (TCM) w kontekście oceny ryzyka zdrowotnego i identyfikacji zafalszowań

Adrianna Szczecińska*, Aleksandra Pawlaczyk, Jadwiga Albińska, Jonasz Starkiewicz,
Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

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

**248086@edu.p.lodz.pl*

Stosowanie preparatów roślinnych, w tym tradycyjnej medycyny chińskiej (TCM), jest szeroko rozpowszechnione na świecie. Szacuje się, że około 70–80% populacji korzysta z medycyny niekonwencjonalnej, głównie pochodzenia roślinnego [1]. Pomimo rosnącej popularności, bezpieczeństwo ziół z TCM budzi wątpliwości, szczególnie w kontekście obecności metali ciężkich. W badaniach wykazano, że między 20-30% analizowanych produktów roślinnych przekracza dopuszczalne limity dla co najmniej jednego pierwiastka toksycznego, takich jak Pb, Cd czy As [2]. Problemem są również zafalszowania oraz brak kontroli jakości surowców, wynikający m.in. z różnorodnych źródeł pochodzenia i procesów produkcyjnych. Skład pierwiastkowy roślin odzwierciedla zarówno środowisko wzrostu, jak i sposób przetwarzania, co czyni go użytecznym narzędziem w ocenie bezpieczeństwa oraz identyfikacji autentyczności surowców roślinnych [1-2].

Celem pracy była ocena bezpieczeństwa ziół TCM dostępnych na rynku polskim oraz analiza zależności między składem pierwiastkowym a gatunkiem, pochodzeniem i częścią rośliny. Przebadano łącznie 97 próbek, oznaczając stężenia 24 pierwiastków technikami ICP-OES, GFAAS i CV-AAS. Analizy PCA i wykresy radarowe potwierdziły swoją przydatność w ocenie autentyczności surowców. Choć stwierdzono przekroczenia limitów Cd, As i Hg, rzeczywiste ryzyko zdrowotne wiązało się głównie z potencjalnym działaniem kancerogennym, co wskazuje na potrzebę uzupełnienia badań nad ziołami z TCM o kompleksową ocenę ryzyka.

Literatura:

- [1] S. Ahmed, M. Rahman, A. Khan *Food Addit. Contam. Part B* (2025) 18, 187-198.
[2] X. Yuan, R. L. Chapman, Z. Wu *Phytochem. Anal.* (2011) 22, 189-198.

PO-40

Metale ciężkie w przyprawach z Indii: znaczenie dla bezpieczeństwa i autentyczności żywności

Julia Grabska^{*}, Aleksandra Pawlaczyk, Jadwiga Albińska, Jonasz Starkiewicz,
Małgorzata Iwona Szyrkowska-Jóźwik

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

**248062@edu.p.lodz.pl*

Przyprawy należą do istotnych produktów globalnego rynku żywności, a Indie są ich największym producentem, odpowiadając za około 70% światowej produkcji oraz uprawę ponad 60 spośród 109 sklasyfikowanych przypraw. Całkowita produkcja przypraw w Indiach osiąga poziom około 11-12 mln ton rocznie [1]. Tak duża skala produkcji oraz różnorodność surowców powodują, że przyprawy stanowią istotny obiekt badań w kontekście jakości i bezpieczeństwa żywności. Rośliny przyprawowe zawierają liczne związki bioaktywne, w tym polifenole, które wykazują zdolność do wiązania jonów metali poprzez tworzenie kompleksów, co może wpływać na ich obecność w tkankach roślinnych. W pracy przeglądowej z 2024 roku, obejmującej 50 prac, wykazano znaczną zmienność stężeń metali ciężkich w przyprawach oraz przypadki przekroczeń dopuszczalnych poziomów, szczególnie Pb i Cd, przy czym największe ryzyko zdrowotne wiązano z narażeniem na ołów [2]. Celem pracy była ocena bezpieczeństwa spożycia przypraw pochodzących z Indii oraz rynku europejskiego, a także analiza zależności między składem pierwiastkowym a pochodzeniem, rodzajem przyprawy i częścią rośliny. Przebadano 149 próbek przypraw jedno- i wieloskładnikowych, oznaczając stężenia wybranych pierwiastków z wykorzystaniem technik ICP-OES, GFAAS oraz CVAAS. Zastosowanie analizy głównych składowych (PCA) potwierdziło jej przydatność w różnicowaniu próbek, ocenie jakości oraz identyfikacji potencjalnych zafałszowań, szczególnie w przypadku mieszanek przyprawowych. Stwierdzone przekroczenia dopuszczalnych poziomów dotyczyły głównie Mn, Cd, Fe oraz Zn, przy czym największą zmienność stężeń obserwowano w zależności od rodzaju przyprawy oraz jej pochodzenia.

Literatura:

- [1] V. A. Parthasarathy, B. Chempakam J. Food Sci. Technol. 2008, 45, 107-110.
[2] N. Alawadhi, K. Abass, R. Khaled, T. Osaili, L. Semerjian Environ. Pollut. 2024, 362, 1-13.

PO-41

Nieniszcząca analiza rozmazów kosmetyków kolorowych w kryminalistyce z wykorzystaniem technik SEM-EDS i LIBS

Zofia Grzelak*, Aleksandra Pawlaczyk, Aleksandra Zimon,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

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

**248063@edu.p.lodz.pl*

Kosmetyki kolorowe stanowią istotny rodzaj mikrośladów w kryminalistyce ze względu na ich powszechność oraz zdolność do łatwego transferu [1]. Szczególnym wyzwaniem analitycznym jest różnicowanie produktów o tym samym odcieniu, które, choć wizualnie podobne, mogą różnić się pochodzeniem. W badaniach z wykorzystaniem technik tj. FTIR i Ramana wykazano, że 38 czerwonych szminek od 20 producentów można podzielić na 9 grup pod względem składu, a skuteczność różnicowania bardzo podobnych kolorów sięga około 95% [2]. Pomimo wysokiej przydatności tych metod ich zastosowanie może być ograniczone w przypadku złożonych matryc zawierających mieszaniny pigmentów nieorganicznych (np. TiO_2 , Fe_2O_3 , ZnO) oraz składników organicznych, z uwagi na problem z jednoznaczną interpretacją wyników. Ponadto, wiele stosowanych technik wymaga specjalnego przygotowania próbek, co ogranicza ich wykorzystanie w analizie śladów kryminalistycznych o niewielkich rozmiarach. W związku z tym nadal poszukiwane są rozwiązania umożliwiające szybkie, selektywne i możliwie nieniszczące porównywanie obiektów. Celem pracy była ocena przydatności technik SEM-EDS oraz LIBS w nieniszczącej analizie śladów kosmetyków kolorowych oraz określenie wpływu takich parametrów jak kolor czy marka na możliwość różnicowania próbek. Badaniom poddano próbki podkładów, cieni do powiek oraz kredek do oczu, naniesionych na podłoże papierowe w postaci rozmazów. Uzyskane dane półilościowe po ich normalizacji poddano ocenie z zastosowaniem analizy głównych składowych (PCA) oraz testów nieparametrycznych. Wyniki badań potwierdziły skuteczność zastosowanych technik w różnicowaniu próbek kosmetyków, zarówno tych o zbliżonym kolorze, jak i odmiennym pochodzeniu.

Literatura:

- [1] M. Gładysz, K. Król Forensic Sci. Int. 2017, 277, 1-10.
- [2] R.A. Alblooshi, R. H. Alremeithi, A. H. Aljannahi Vibr. Spectrosc. 2024, 130, 1-8.

PO-42

Charakterystyka tonerów w kontekście analizy kryminalistycznej i odzysku surowców z elektroodpadów

Zuzanna Ubfał*, Aleksandra Pawlaczyk, Aleksandra Zimon,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 114, 90-543 Łódź
250855@edu.p.lodz.pl

Zużyte tonery do drukarek stanowią istotny składnik strumienia elektroodpadów, który należy do najszybciej rosnących kategorii odpadów na świecie. Szacuje się, że globalnie sprzedaje się ponad 1,1 miliarda kartridży rocznie, z czego ponad 500 milionów trafia na składowiska. Dodatkowo zużyte wkłady mogą zawierać nawet do 8% masy w postaci pozostałości proszku tonerowego, stanowiącego potencjalne źródło emisji substancji do środowiska [1]. Tonery są złożonymi materiałami zawierającymi mieszaniny polimerów, pigmentów oraz dodatków nieorganicznych, w tym metali i ich tlenków, których zawartość może sięgać nawet 1-33% składu [2]. W trakcie eksploatacji urządzeń drukujących dochodzi do uwalniania cząstek o rozmiarach nano- i mikrometrycznych, co wskazuje na ich znaczenie w ocenie ryzyka środowiskowego i zdrowotnego [2]. Z punktu widzenia kryminalistyki tonery stanowią istotny materiał badawczy w analizie dokumentów kwestionowanych, ponieważ ich skład i właściwości mogą być zastosowane do weryfikacji ich autentyczności. Celem pracy było określenie w jakim stopniu połączenie analiz techniką SEM-EDS z metodami chemometrycznymi pozwala na wykrycie subtelnych różnic w składzie pierwiastkowym i morfologii tonerów w kontekście badań kryminalistycznych i potencjalnego zagospodarowania odpadów. Badaniom poddano próbki tonerów pochodzących od różnych producentów oraz modeli drukarek, po naniesieniu niewielkiej ilości proszku bezpośrednio na plaster węglowy. Do interpretacji wyników ilościowych po ich uprzedniej normalizacji zastosowano metody PCA i CA, co pozwoliło na grupowanie próbek oraz identyfikację podobieństw i różnic związanych z pochodzeniem próbek.

Literatura:

- [1] V. Gaikwad, U. Kumar, F. Pahlevani i współ. ACS Sustain. Chem. Eng. 2017, 1-8.
- [2] S.V. Pirela, G.A. Sotiriou, D. Bello i wsp. Nanotoxicology. 2014, 1-9.
- [3] K.M. White, C.S. Palenik J. Forensic Sci. 2020, 1908-1920.

PO-43

Analiza składu łupków pokopalnianych z okolic Krobicy i Gierczyna (Pogórze Izerskie)

Andrzej Żarczyński*, Anna Bajerowska, Waldemar Maniukiewicz, Jakub Kubicki,
Aleksandra Zimon, Ewa Bajerowska, Wojciech M. Wolf, Małgorzata I. Szykowska-Jóźwik

Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej

ul. Żeromskiego 114, 90-543 Łódź

**andrzej.zarczyński@p.lodz.pl*

Przedmiotem badań były próby materiału skalnego o charakterze łupków łuszczkowych, pochodzące z lokalnych usypisk pokopalnianych na Pogórzu Izerskim. Głównymi celami badań były: analiza zawartości metali, zwłaszcza ciężkich, a także faz krystalicznych w zebranych łupkach. Ustalono lokalizacje i pobrano próbki łupków z okolic sztolni „Św. Leopold” w Krobicy oraz kopalni „Psi Grzbiet” we wsi Gierczyn. Metodyka badań ilościowej zawartości metali opierała się na mineralizacji próbek z wykorzystaniem wody królewskiej. Analizę zawartości pierwiastków wykonano stosując zaawansowane techniki instrumentalne: optyczną spektrometrię emisyjną ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) oraz płomieniową, wysokorozdzielczą, absorpcyjną spektrometrię atomową z ciągłym źródłem promieniowania (HR-CS-FAAS). Fazy krystaliczne określono za pomocą rentgenowskiej dyfraktometrii proszkowej (PXRD), natomiast do określenia punktowego rozmieszczenia pierwiastków wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową sprzężoną ze spektrometrią dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (SEM-EDS). Wyniki analiz wykazały podobieństwo w składzie i morfologii badanych łupków. Analiza PXRD i korelacja z wynikami SEM-EDS potwierdziły, że kluczową fazą krystaliczną łupków jest kwarc, któremu towarzyszą glinokrzemiany, zwłaszcza muskowit i klinochlor. Stwierdzono, że zawartość metali potencjalnie toksycznych (ołowiu, kobaltu, chromu i cyny) była na śladowym poziomie. Niskie stężenia metali ciężkich sugerują ograniczony potencjał migracji zanieczyszczeń, co oznacza, że badane odpady pokopalniane nie stanowią zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego. Z kolei ze względu na korzystny efekt wizualny i oporność na czynniki atmosferyczne, badane odpady po wstępnej selekcji jakościowej, mogą stanowić estetyczny materiał ozdobny dla budownictwa i ogrodnictwa.

PO-44

Analiza zanieczyszczeń powietrza w Opocznie z udziałem stacji Syngeos jako składowa systemu monitoringu samorządowego w województwie łódzkim

Weronika Łupińska¹, Andrzej Żarczyński^{1*}, Dominika Chybowska²,
Patrycja Kośka², Dorota Dębińska², Agnieszka Gwarda¹

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

²*Gmina Opoczno - Urząd Miejski w Opocznie, Wydział Ochrony Środowiska
andrzej.zarczyński@p.lodz.pl

Jakość powietrza wpływa na zdrowie i funkcjonowanie zarówno ludzi, zwierząt jak i roślin. Szkodliwe gazy oraz pyły zawieszone mogą być przyczyną wielu chorób układu oddechowego i krążeniowego u człowieka, jak i pogarszać funkcjonowanie ekosystemów przyrodniczych. Ze względu na negatywny wpływ zanieczyszczeń powietrza ważny jest monitoring jego jakości.

W okresie pierwszych piętnastu lat XXI wieku pomiary jakości powietrza wykonywane w mieście Opoczno przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, wykazywały w sezonie grzewczym istotne przekroczenia dopuszczalnego poziomu pyłów PM₁₀, PM_{2,5}, tlenku węgla, α -benzopirenu oraz innych zanieczyszczeń, tj. zagrożenie zjawiskiem smogu. W dążeniu do dokładniejszej oceny jakości powietrza - Urząd Miejski w Opocznie zakupił w latach 2019-2024 osiem stacji pomiarowych jakości powietrza (czujników) firmy „Syngeos” (Katowice). Czujniki te wraz z cyfrowymi tablicami informacyjnymi zostały zamontowane na terenie wybranych instytucji lub obiektów. Stacje pomiarowe Syngeos - nazywane także „czujnikami smogu”, zapewniają dokładny pomiar wybranych wskaźników jakości powietrza w Opocznie rejestrując oprócz wybranych parametrów meteorologicznych stężenie pyłu frakcji: PM₁₀, PM_{2,5} oraz PM₁.

Regularne badania jakości powietrza w Opocznie za pomocą stacji „Syngeos”, wykazały istotne, ale zróżnicowane pod względem wysokości stężeń zagrożenie tym czynnikiem dla mieszkańców miasta, zwłaszcza w sezonie grzewczym. Jednak w ostatnich dwóch latach przekroczenia występowały sporadycznie oraz wykazywały niższe wartości niż to miało miejsce przed kilku laty, głównie dzięki eliminacji wielu nieekologicznych źródeł ogrzewania przy udziale, m.in. środków budżetu Gminy Opoczno.

PO-45

Monitorowanie nanocząstek TiO₂ w wodach zbiornika Zakrzówek z wykorzystaniem techniki spICP-MS

Anna Telk^{1*}, Ewelina Pollak-Kowa^{1,2}, Marcin Wieczorek¹

¹Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Zakład Chemii Analitycznej
ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

²Uniwersytet Jagielloński, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych
ul. prof. S. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

*anna.telk@uj.edu.pl

Dynamiczny rozwój nanotechnologii w sektorze kosmetycznym sprzyja rosnącemu wykorzystaniu nanocząstek dwutlenku tytanu (TiO₂) jako filtrów UV w preparatach ochrony przeciwsłonecznej. Mimo, że cząstki te uznaje się za bezpieczne w kontakcie ze skórą, ich łatwe zmywanie podczas kąpieli sprzyja emisji do środowiska wodnego. W warunkach naturalnego oświetlenia TiO₂ wykazuje aktywność fotokatalityczną, prowadząc do powstawania reaktywnych form tlenu, które mogą oddziaływać na związki organiczne, mikroorganizmy oraz ogólną równowagę chemiczną ekosystemów wodnych. Z uwagi na intensywne i regularne stosowanie kosmetyków z filtrami mineralnymi konieczne staje się monitorowanie obecności takich nanostruktur w zbiornikach rekreacyjnych. W przedstawionych badaniach przeanalizowano próbki wody pobrane z kąpieliska Zakrzówek w Krakowie, wykorzystując spektrometrię ICP-MS w trybie konwencjonalnym oraz pojedynczej cząstki (spICP-MS). Opracowano zoptymalizowane warunki pomiarowe, uwzględniające dobór gazów reakcyjnych minimalizujących interferencje izotopowe i poprawiających czułość oznaczeń tytanu. Oceniono także wpływ procedur przygotowania i przechowywania próbek na stabilność wyników. Uzyskane dane stanowią wstępny obraz sezonowej obecności nanocząstek TiO₂ w wodach rekreacyjnych oraz podstawę do dalszych badań nad ich oddziaływaniem środowiskowym.

Podziękowania, finansowanie: Badania przeprowadzono w ramach projektu „Ocena skali emisji i oddziaływania na środowisko nanocząstek TiO₂ i ZnO uwalnianych do wód powierzchniowych wskutek działalności człowieka” w ramach Programu Strategicznego Inicjatywa Doskonałości w UJ, wykorzystując infrastrukturę badawczą zakupioną w ramach projektu ATOMIN 2.0 Centrum badań materiałowych w skali ATOMowej dla Innowacyjnej gospodarki. Projekt współfinansowany ze środków EFPR w ramach programu POIR 4.2

PO-46

Korelacja stężeń rtęci w glebie i w powietrzu w kontekście wybranych parametrów środowiskowych

Damian Kryszczak, Aleksandra Pawlaczyk, Małgorzata Szczesio,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

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

Rtęć (Hg) jest jednym z najbardziej toksycznych pierwiastków śladowych w środowisku, cechującym się wysoką trwałością, mobilnością oraz zdolnością do transportu na duże odległości. Jej obecność wynika zarówno z procesów naturalnych (m.in. depozycji atmosferycznej), jak i działalności antropogenicznej, takiej jak przemysł, energetyka czy transport [1]. Korelacja stężeń rtęci w powietrzu i glebie odzwierciedla dynamiczną wymianę tego pierwiastka pomiędzy tymi komponentami środowiska, przy czym gleba pełni jednocześnie funkcję odbiornika depozycji atmosferycznej oraz wtórnego źródła emisji. Zależność ta kształtowana jest przez warunki meteorologiczne (temperatura, wilgotność) oraz właściwości fizykochemiczne gleby [2]. Współczesne badania nad obiegiem rtęci w środowisku coraz częściej opierają się na integracji analiz chemicznych z metodami statystycznymi i chemometrycznymi oraz systemami informacji geograficznej (GIS) [1,2].

Materiał badawczy stanowiło około 600 próbek gleb pobranych na obszarze województwa łódzkiego, w sąsiedztwie dróg o dużym natężeniu ruchu (A1, A2, S18, S14) zlokalizowanych w centralnej Polsce. Próbkę przygotowano zgodnie z przyjętą procedurą laboratoryjną - po wysuszeniu zostały przesiane przez sito o średnicy oczek 2 mm, a następnie rozdrobnione w moździerzu agatowym. Całkowitą zawartość rtęci oznaczono za pomocą techniki zimnych par w połączeniu z atomową spektrometrią absorpcyjną wykorzystując automatyczny analizator rtęci MA-3000, firmy NIC. Wpływ wybranych czynników środowiskowych, takich jak typ sąsiadującej drogi, głębokość poboru próbek oraz obecność ekranów akustycznych, na zawartość rtęci oceniono z zastosowaniem analiz statystycznych przeprowadzonych w programie Statistica. Uzyskane wyniki poddano również analizie przestrzennej z wykorzystaniem narzędzi GIS, a ich wizualizację opracowano w ArcGIS Pro 3.3.2 (Esri Polska sp. z o.o., Warszawa).

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

Literatura:

- [1] M. Pogrzeba, D. Ciszek, R. Galimska-Stypa, Plant Soil, 2016, 409(1-2), 371-387.
- [2] H. Jaworska, J. Klimek, Minerals, 2021, 11(11), 1221.

PO-47

Opracowanie krajowego materiału odniesienia MPWN z wykorzystaniem wody jeziornej - od etapu poboru próbek do certyfikacji

Andrzej Gawor^{1*}, Anna Ruszczyńska¹, Jakub Karasiński¹, Marcin Wojciechowski¹,
Aldona Kubala-Kukuś², Dariusz Banaś², Ewa Bulska¹

¹Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, Warszawa

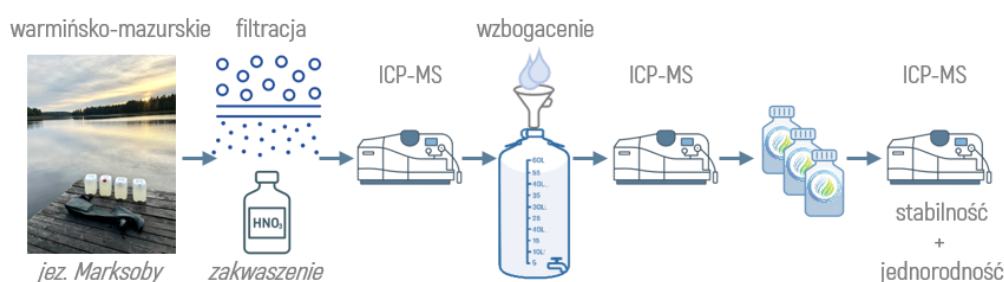
²Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Instytut Fizyki
ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce

*ag.gawor@uw.edu.pl

Certyfikowane materiały odniesienia (CRM) zapewniają spójność pomiarową i są niezbędne do potwierdzania wiarygodności wyników oraz sprawdzania poprawności metod analitycznych. Znajdują zastosowanie m.in. w badaniach środowiskowych, analizie żywności oraz w przemyśle farmaceutycznym. Projekt Multifunkcjonalne Polskie Wody Naturalne (MPWN) zakłada opracowanie krajowego materiału odniesienia opartego na wodzie śródlądowej, przeznaczonego dla laboratoriów zajmujących się ochroną środowiska i zdrowia publicznego.

Proces przygotowania materiału MPWN realizowano zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 17034:2017. Woda jeziorna została poddana filtracji i zakwaszeniu, a następnie wzbogacona w wybrane pierwiastki do poziomów odpowiadających potrzebom laboratoriów działających w obszarach regulowanych. Tak przygotowany materiał rozlano do jednostkowych opakowań i poddano badaniom jednorodności oraz stabilności.

Oznaczenia pierwiastków wykonano techniką ICP-MS. Uzyskane wyniki wskazały na brak istotnych różnic w zawartości analizowanych pierwiastków zarówno w obrębie pojedynczych próbek, jak i pomiędzy nimi dla takich pierwiastków jak As, Ba, Be, Cd, Cr, Fe, K, Mg, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, U i V. W przypadku kilku pierwiastków zaobserwowano większą zmienność, jednak nadal mieszczącą się w zakresie pozwalającym uznać materiał za potencjalnie jednorodny.



Podziękowania, finansowanie: Projekt pt. Wytworzenie multifunkcyjnego matrycowego materiału odniesienia: Multifunkcjonalne Polskie Wody Naturalne (MPWN) o certyfikowanej zawartości metali, jonów nieorganicznych oraz pozostałości mikroplastiku do zapewnienia spójności pomiarowej dla polskich laboratoriów jest finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu Polska Metrologia II, na podstawie umowy nr PM-II/SP/0061/2024/02 z dn. 15.02.2024 r. - kierownik projektu dr Anna Ruszczyńska.

PO-48

Ocena jednorodności wielofunkcyjnego roślinnego materiału odniesienia MULTIBIO CRM o certyfikowanej zawartości metali

Jakub Karasiński^{1*}, Anna Ruszczyńska¹, Andrzej Gawor¹, Marcin Wojciechowski¹,
A. Tupys¹, Aldona Kubala-Kukuś², Dariusz Banaś², J. Dobrzyńska³,
J. Reszko-Zygmunt³, R. Dobrowolski³, Ewa Bulska¹

¹Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Centrum nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, Warszawa

²Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Instytut Fizyki
ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce

³Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Chemii
pl. Marii Curie-Skłodowskiej 2, 20-031 Lublin

* jkarasinski@cnbc.uw.edu.pl

Materiały odniesienia odgrywają istotną rolę w zapewnieniu wiarygodności i porównywalności wyników w analizie chemicznej. Są wykorzystywane m.in. do kalibracji aparatury, sprawdzania poprawności metod, kontroli jakości oraz w badaniach międzylaboratoryjnych. Ich przydatność zależy przede wszystkim od potwierdzonej jednorodności, stabilności oraz właściwego określenia minimalnej masy próbki, co ma znaczenie przy szacowaniu niepewności pomiaru.

W projekcie MultiBio CRM opracowano kandydatów na certyfikowane materiały odniesienia oparte na matrycy roślinnej, przygotowane z liści i owoców truskawki. Materiał został celowo wzbogacony w wybrane pierwiastki śladowe i toksyczne, takie jak arsen, kadm, rtęć i ołów, a następnie dokładnie ujednorodniony i podzielony na porcje. W celu oceny jego przydatności przeprowadzono badania jednorodności. Zawartość metali oznaczono metodą ICP-MS, a wyniki poddano analizie statystycznej obejmującej wykrywanie wartości odstających, sprawdzenie normalności rozkładu oraz analizę wariancji, pozwalającą rozróżnić zmienność wewnątrz i między próbkami.

Uzyskane wyniki potwierdziły, że materiał spełnia wymagania dotyczące jednorodności, a wpływ niejednorodności został uwzględniony w oszacowaniu niepewności. Opracowane materiały mogą być skutecznie wykorzystywane do walidacji metod oraz zapewnienia rzetelności wyników w analizach środowiskowych i żywności.

Podziękowania, finansowanie: Badania dofinansowane z projektu PM-II/SP/0062/2024/02 w ramach Konsorcjum Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Jana Kochanowskiego i Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, uzyskanego z Ministerstwa Edukacji i Nauki, program „Polska Metrologia II”, tytuł: „MultiBioCRM: Multifunkcyjny CRM roślinny o certyfikowanej zawartości metali i mikroplastiku”; kierownik - dr hab. Jakub Karasiński.

PO-49

Neodym w materiałach z recyklingu magnesów NdFeB - wstępne oznaczenia technikami wysokorozdzielczej płomieniowej spektrometrii absorpcyjnej ze źródłem emitującym promieniowanie ciągłe

Patrycja Wasążnik^{1*}, Hubert Ronduda², Jakub Lęcki¹, Wioletta Raróg-Pilecka²,
Zofia Kowalewska¹

¹*Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, Łukasiewicza 17, 09-400 Płock,*

²*Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa,*

**patrycja.wasaznik.dokt@pw.edu.pl*

Neodym jest jednym z podstawowych składników magnesów neodymowo-żelazowo-borowych (NdFeB), uznawanych za najsilniejsze komercyjnie dostępne magnesy trwałe. Dzięki wyjątkowym właściwościom magnetycznym znajdują one zastosowanie m.in. w silnikach elektrycznych i generatorach (w tym w pojazdach elektrycznych oraz turbinach wiatrowych), dyskach twardej, sprzęcie elektronicznym, medycznym oraz zaawansowanych systemach automatyki i robotyki. Światowe zasoby neodymu, są geograficznie skoncentrowane, a dostępność do nich ograniczona, dlatego Nd jest uznawany za jeden z kluczowych surowców krytycznych i szczególnego znaczenia nabiera możliwość jego odzysku. Istnieje potrzeba miarodajnej kontroli zawartości Nd w materiałach z recyklingu magnesów NdFeB, a ze względu na spodziewany wysoki poziom zawartości możliwe jest zastosowanie stosunkowo niskoczułych technik analitycznych. Podjęto próbę opracowania metody oznaczania Nd z zastosowaniem płomieniowej spektrometrii absorpcyjnej. Wysokorozdzielcza aparatura ze źródłem emitującym promieniowanie ciągłe, podwójnym monochromatorem i detektorem CCD (spektrometr contrAA800) umożliwia oznaczenia z wykorzystaniem atomów lub cząsteczek analitu. Wypróbowano oba warianty. Atomy Nd w wariacie spektrometrii atomowej generowano w płomieniu C₂H₂ - N₂O, a do pomiarów techniką spektrometrii cząsteczkowej wykorzystano płomień C₂H₂ - powietrze (pomiarów Nd poprzez NdO).

Podziękowania, finansowanie: Patrycja Wasążnik dziękuje Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej za sfinansowanie udziału w konferencji w ramach konkursu KONF-ICH 2026.

PO-50

Oryginał czy zamiennik? - zastosowanie techniki SEM-EDS w ocenie oryginalności szkieł z ekranów smartfonów

Katarzyna Zielińska^{1*}, Aleksandra Zimon¹, Aleksandra Pawlaczyk¹, Grzegorz Zadora^{2,3},
Małgorzata I. Szykowska-Jóźwik¹

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

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

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

**katarzyna.zielinska@dokt.p.lodz.pl*

Dynamiczny rozwój technologii mobilnych oraz powszechne użytkowanie smartfonów sprawiają, że urządzenia te nieodłącznie towarzyszą nam w naszym codziennym życiu. W związku z tym, są one również obecne podczas różnorodnych zdarzeń, które mogą prowadzić do ich uszkodzenia, w tym stłuczenia wyświetlacza. W takich sytuacjach powstałe mikrookruszki szkła mogą stanowić istotny materiał dowodowy w badaniach kryminalistycznych, umożliwiając m.in. powiązanie osoby podejrzanej lub ofiary z danym miejscem zdarzenia. Należy jednak uwzględnić fakt, że zabezpieczone fragmenty szkła mogą pochodzić zarówno z oryginalnych wyświetlaczy smartfonów, jak i ich zamienników.

W związku z czym, celem niniejszej pracy była identyfikacja oraz ocena różnic pomiędzy szkłem pochodzącym z oryginalnych (PED_{org.}) i nieoryginalnych (PED_{zam.}) ekranów smartfonów, jak również określenie ich potencjalnego znaczenia w kontekście ekspertyzy kryminalistycznej. Wszystkie zebrane próbki zostały poddane analizie pierwiastkowej z użyciem Skaningowego Mikroskopu Elektronowego z Mikroanalizą Rentgenowską (SEM-EDS, HITACHI S-4700, EDS Thermo NORAN). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że badane próbki szkieł pochodzące z zamienników (PED_{zam.}) zostały wykonane z dużo gorszej jakości szkła niż próbki z oryginalnych wyświetlaczy (PED_{org.}).

Podziękowania, finansowanie: Finansowanie: Fundusz Młodych Naukowców na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej (grant nr W-3D/FMN/20G/2023), „FU2N - Fundusz Udoskonalania Umiejętności Młodych Naukowców” (grant nr W-3D/FU2N/5/2024) oraz projekt badawczy Instytutu Ekspertyz Sądowych im. Prof. dr Jana Sehna w Krakowie nr II/K/2025-2026.

PO-51

The application of the NAA technique for forensic analysis of glass fragments originating from mobile phone screens

Katarzyna Zielińska^{1*}, Marco Di Luzio², Daniele Merli³, Grzegorz Zadora^{4,5},
Małgorzata I. Szyrkowska-Jóźwik¹

¹*Faculty of Chemistry, Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz University of Technology
Zeromskiego 116, Lodz 90-924, Poland*

²*National Metrology Institute of Italy (INRiM), via Taramelli 12, Pavia 27100, Italy*

³*Department of Chemistry, University of Pavia, via Taramelli 12, Pavia, 27100, Italy*

⁴*Forensic Chemistry Research Group, Institute of Chemistry, Faculty of Science and Technology,
University of Silesia, Szkolna 9, Katowice 40-006, Poland*

⁵*Institute of Forensic Research, Westerplatte 9, Krakow 31-033, Poland*

**katarzyna.zielinska@dokt.p.lodz.pl*

The forensic analysis of glass fragments can provide important information, including the potential connection between the suspect or victim and the crime scene. This is associated with their easy transfer from broken glass objects onto people involved in the incident [1, 2]. Nowadays, forensic technicians consider our smartphones as a new possible source of glass evidence. However, such microfragments still have no evidentiary value in forensics due to the limited state of the art of analyzing glass fragments from smartphone screens.

Thus, this research aimed to assess the capabilities of Neutron Activation Analysis (NAA) with a short radiation time for classifying the investigated glass samples. The collected results suggested that glass fragments from smartphone displays (PED) can be distinguished from other analyzed utility glass samples (float glass CW; glass containers P) based on their elemental composition.

Funding: The PROM program - short-term academic exchange is funded by the European Union as part of the project entitled “Short-term academic exchange as a way to improve the quality of education at institutions of higher education and science” with the number FERS.01.05-IP.08-0218/23.

References:

- [1] J. Curran, T. Hicks Champod, J. S. Buckleton, Forensic Interpretation of Glass Evidence. CRC Press (2000).
- [2] G. Zadora, J. Chemometrics. 2007, 21, 174-186.

PO-52

Charakterystyka pasz wysłodkowych wzbogacanych białkiem mikrobiologicznym

Izabela Witońska^{*}, Michał Binczarski, Ewa Wiktorowska-Sowa, Aleksandra Pawlaczyk,
Małgorzata Iwona Szynkowska-Jóźwik

*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
^{*}izabela.witonska@p.lodz.pl*

W Politechnice Łódzkiej wytworzono innowacyjne mieszanki paszowe uzupełniające (MPU) dla wysokowydajnych krów mlecznych, na bazie produktów ubocznych z procesów przetwarzania buraków cukrowych, konkurencyjne dla preparatów zawierających importowaną śrutę sojową, w tym śrutę sojową modyfikowaną genetycznie. Wytworzone ze zhydrolizowanych wysłodków MPU o obniżonej zawartości włókna surowego i właściwościach prebiotycznych (zawierającą pektyny), wzbogacono dodatkowo białkiem mikrobiologicznym żywych drożdży (czysta hodowla na melasie) oraz suplementowano mikro- i makroelementami dodawanego wapna defekosaturacyjnego.

Próbki wysokobiałkowych pasz wysłodkowych, po rozkładzie w systemie zamkniętym z udziałem energii mikrofalowej, zbadano techniką ICP-OES mierząc stężenia pierwiastków: Al, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Sn, Sr, Ti, Tl, V i Zn, po uprzedniej kalibracji aparatu w oparciu o wzorce jedno i wielopierwiastkowe. Wyniki potwierdziły występowanie mikro- i makroelementów w preparatach paszowych w pożądanych ilościach. Ponadto, nie stwierdzono podwyższonych ilości metali ciężkich w preparatach.

Równolegle, analizowano otrzymane preparaty paszowe z wykorzystaniem techniki spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem laserowym (LIBS). Próbki przed analizą za pomocą LIBS (system J200 firmy Applied Spectra wyposażony w laser Nd-YAG o długości fali 266 nm) poddawano homogenizacji i formowano tabletki. Widma emisyjne zbierano dla 70% mocy lasera, przy częstotliwości impulsów na poziomie 20 Hz, opóźnieniu bramki 1.0 µsek i średnicy plamki 200 µm. Uzyskane wyniki są zbieżne z tymi, otrzymanymi dla MPU za pomocą techniki ICP-OES.

Dla próbek MPU po derywatywacji wykonano również badania profili aminokwasowych za pomocą analizy GC-MS. Zawartość białka w dodatku drożdżowym była nie mniejsza niż 50% w s.m. Otrzymane preparaty MPU, wzbogacone białkiem drożdżowym, zawierają 25-30% białka ogólnego, a ich profile aminokwasowe charakteryzujące się wysoką zawartością lizyny są właściwe do skarmiania krów mlecznych.

PO-53

Oznaczanie składu pierwiastkowego półproduktów i produktów ubocznych przemysłu cukrowniczego metodami ICP-OES i FAAS

Ewa Wiktorowska-Sowa^{*}, Michał Binczarski, Aleksandra Pawlaczyk,
Małgorzata Iwona Szykowska-Jóźwik, Izabela Witońska

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

**ewa.wiktorowska-sowa@dokt.p.lodz.pl*

Półprodukty i produkty uboczne przemysłu cukrowniczego stanowią złożone matryce zawierające składniki organiczne i nieorganiczne, których analiza pierwiastkowa ma istotne znaczenie w kontroli procesu technologicznego wytwarzania cukru oraz ocenie możliwości przetwarzania odpadów [1,2].

Celem pracy było oznaczenie wybranych pierwiastków w próbkach pochodzących z przemysłu cukrowniczego metodą optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) oraz porównanie wyników z wynikami uzyskanymi techniką płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS).

Zbadano próbki soku surowego, rzadkiego i gęstego, roztworu melasy (2%) oraz mleka wapiennego. Próbki mineralizowano z wykorzystaniem mikrofal z użyciem stężonego kwasu azotowego(V), a w przypadku próbek o wysokiej lepkości zastosowano wstępną homogenizację z wykorzystaniem ultradźwięków. Po mineralizacji i uzupełnieniu próbek do stałej objętości wodą dejonizowaną, dodano wzorzec wewnętrzny (Yb) i analizowano techniką ICP-OES z zastosowaniem kalibracji wielopunktowej. Poprawność wyników potwierdzono metodą FAAS dla wybranych pierwiastków (Mg, K, Ca), uzyskując dobrą zgodność.

Stwierdzono zróżnicowanie ilości oznaczanych pierwiastków w próbkach pobieranych na różnych etapach procesu technologicznego wytwarzania cukru białego z buraka cukrowego. W próbkach nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych stężeń metali ciężkich, co czyni badany materiał użytecznym w procesach biogazowania.

Literatura:

[1] Thalia. J. Santos, Marcos Levi C.M. dos Reis, Luciano A. de Albuquerque, Caio S.A. Felix, Fabio de S. Dias, Leonardo S.G. Teixeira, *Food Chem.* (2025) 492(1), 145321.

[2] Miao Tang, Ruixiang Yuan, Guangwei Huang, Zhike Long, Xuesong Liang, Hecheng Meng, Xiufeng Long, *Food Biosci.* (2025) 73, 10770.

PO-54

Potencjał odpadów z przemysłu cukrowniczego w produkcji biogazu

Michał Binczarski^{*}, Ewa Wiktorowska-Sowa, Izabela Witońska

*Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka
Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
^{*}michal.binczarski@p.lodz.pl*

Biogazownie rolnicze to obecnie jeden z najważniejszych elementów transformacji energetycznej w Polsce. Dostarczają one nie tylko energię, przez co zwiększają bezpieczeństwo energetyczne, ale również powodują dekarbonizację sektorów gospodarki wymagających używania paliw gazowych.

Oceniono wydajność procesów biogazownia wysłodków buraczanych z dodatkiem odpadów rolniczych (gnojowicy i obornika bydlęcego oraz wycierki ziemniaczanej) w procesie fermentacji beztlenowej z użyciem osadu czynnego z GOŚ w Zduńskiej Woli.

Wykonano badania składu substratów, określając metodą grawimetryczną zawartość suchej masy oraz suchej masy organicznej i popiołu. Wyniki uzyskane dla wysłodków buraczanych wskazują na wysoką zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.), wynoszącą 95,6%, przy niskiej zawartości popiołu (na poziomie 4,4%), co czyni je obiecującym substratem dla biogazowni rolniczych. W wyniku biogazowania 17,8 g wysłodków buraczanych uzyskano całkowitą produkcję biogazu na poziomie 1730 cm³, co po przeliczeniu daje ilość metanu 141 cm³/ g s.m.o. substratu.

Dalsze badania polegające na wzbogaceniu wsadu bioreaktora poprzez dodatek wycierki, gnojowicy i obornika wykazały, że najlepszą wydajność osiąga się poprzez fermentację wysłodków buraczanych z wycierką ziemniaczaną w proporcji 80:20. Wariant ten wygenerował najwyższą objętość biogazu wynoszącą 1752,5 cm³ z 19,6 g wsadu oraz najwyższą jednostkową objętość metanu wynoszącą 199,3 cm³/g s.m.o. Zastosowanie dodatków odzwierzęcych obniżyło parametry produkcyjne biogazu - mieszanka wysłodków z obornikiem (80:20) wygenerowała 1391 cm³ biogazu (103,14 cm³ CH₄/g s.m.o.), a mieszanka z gnojowicą (80:20) jedynie 25,12 cm³ CH₄/g s.m.o.

MATERIAŁY REKLAMOWE

FIRMY UCZESTNICZĄCE W XXVIII KONFERENCJI

INTERTECH POLAND

PICARRO | Extreme science
Ultimate simplicity
Absolute transparency

CRDS | $\delta^{13}\text{C} + \delta^{17}\text{O} + \delta^{18}\text{O} + \delta\text{D} + \delta^{15}\text{N} + \delta^{15}\text{N}\alpha + \delta^{15}\text{N}\beta$
CO + CO₂ + CH₄ + C₂H₂ + H₂O + H₂S + N₂O + NH₃ + H₂S

www.intertechpoland.pl

EIRTEC



FIRMY UCZESTNICZĄCE W XXVIII KONFERENCJI

Spectro-Lab[®]
Laboratoria Przyszłości



Anton Paar



LABSOFT



TESTCHEM