



**Komisja Nauk Chemicznych przy Oddziale PAN w Katowicach**  
**Dyrekcja Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego**

**XVI SEMINARIUM NAUKOWE**  
**„Aktualne Problemy Chemii Analitycznej”**

**Katowice, 22 maja 2026 r.**  
**Wydział Nauk Humanistycznych, Aula im. A. Pawlikowskiego,**  
**ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice**

**Komitety naukowy:**

Prof. dr hab. Michał Daszykowski  
Prof. dr hab. Marzena Dzida  
Prof. dr hab. Rafał Sitko  
Prof. dr hab. Beata Walczak  
Prof. dr hab. Grzegorz Zadora  
Dr hab. Barbara Feist, prof. UŚ  
Dr hab. Katarzyna Pytlakowska, prof. UŚ

**Komitety organizacyjny:**

Dr Alicja Menżyk  
Dr inż. Agnieszka Martyna  
Dr Marcin Musielak  
Dr Joanna Orzeł  
Dr inż. Paweł Świt  
sekretarz: Dr Karina Kocot

**Kontakt:**

Zespół Chemii Analitycznej  
Instytut Chemii  
ul. Szkolna 9  
Katowice 40-006  
tel. 32 359 21 15  
e-mail:  
[seminarium.chemiaanalityczna@us.edu.pl](mailto:seminarium.chemiaanalityczna@us.edu.pl)

## **Program Seminarium**

- 10<sup>00</sup> - 11<sup>00</sup>**      **Rejestracja uczestników, wydawanie certyfikatów, rozwieszanie plakatów**
- 11<sup>00</sup> - 11<sup>45</sup>**      **Więcej niż analiza - chemia analityczna jako przestrzeń współpracy nauki i biznesu**  
**Dr hab. Anna Poliwoda, prof. UO**  
**Wydział Chemii i Farmacji**  
**Uniwersytet Opolski**
- 11<sup>45</sup> - 12<sup>30</sup>**      **Badanie i bioobrazowanie pierwiastków w próbkach klinicznych metodą ICP-MS i LA-ICP-MS jako wsparcie diagnostyki chorób**  
**Dr hab. Anetta Hanć, prof. UAM**  
**Wydział Chemii,**  
**Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu**
- 12<sup>30</sup> - 13<sup>30</sup>**      **Sesja plakatowa**
- 13<sup>30</sup> - 14<sup>15</sup>**      **Zielona chromatografia cieczowa**  
**Dr hab. Szymon Bocian, prof. UMK**  
**Wydział Chemii,**  
**Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**
- 14<sup>15</sup>-14<sup>45</sup>**      **Wzorce analityczne w obliczu współczesnej chemii analitycznej mgr Gabriela Fic-Stankowska**  
**TUSNOVICS INSTRUMENTS SP. Z O.O.**
- 14<sup>45</sup> - 15<sup>00</sup>**      **Wręczenie wyróżnień i nagród za prezentacje plakatowe**

<b>Wykłady</b>		<b>Strona</b>
<b>1</b>	<b>Więcej niż analiza - chemia analityczna jako przestrzeń współpracy nauki i biznesu</b> Dr hab. Anna Poliwoda, prof. UO	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Badanie i bioobrazowanie pierwiastków w próbkach klinicznych metodą ICP-MS i LA-ICP-MS jako wsparcie diagnostyki chorób</b> Dr hab. Anetta Hanć, prof. UAM	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Zielona chromatografia cieczowa</b> Dr hab. Szymon Bocian, prof. UMK	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Wzorce analityczne w obliczu współczesnej chemii analitycznej</b> mgr Gabriela Fic-Stankowska	<b>10</b>

<b>Numer posteru</b>	<b>Postery</b>	<b>Strona</b>
<b>1</b>	Ewa Miszczak, Anna Garwol-Głodniok <b>Zastosowanie nowoczesnych metod spektroskopowych do oceny skumulowanych ładunków Cd i Pb z depozycji atmosferycznej w torfowiskach ombrotroficznym</b> Malwina Tytła, Alina Pohl	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Ekstrakcja sekwencyjna metali z osadów ściekowych - ograniczenia i perspektywy</b> Małgorzata Maciejczyk, Wioletta Parys	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Badanie właściwości lipofilowych chlorowodorku tramadolu metodą chromatografii cienkowarstwowej (TLC)</b> Beata Sarecka-Hujar	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Emisyjność cieplna w ocenie jakości tabletek do rozgryzania i żucia przechowywanych w warunkach stresowych</b> Daria Klimoszek, Małgorzata Dołowy, Małgorzata Jeleń	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Zastosowanie metody TLC do oceny właściwości lipofilowych nowo zsyntezowanych 8-trifluorometylochinobenzotiazyn o potencjalnym działaniu biologicznym</b> Daria Klimoszek, Wioletta Parys	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Zastosowanie metod in silico w analizie QSPR wybranych leków przeciwbólowych</b> Beata Szulc-Musioł, Łukasz Potoniec	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Biomedyczny potencjał hydrożeli alginianowych w zaawansowanym leczeniu ran</b> Emilia Rudnicka, Małgorzata Dołowy	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Wyznaczenie parametrów lipofilowości buforminy techniką TLC oraz z użyciem metod in silico</b> Aleksandra Woźniak, Małgorzata Dołowy	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Analiza jakościowa i ilościowa esomeprazolu metodą TLC w połączeniu z densytometrią</b> Julia Kotas, Barbara Dolińska, Aneta Ostróżka-Cieślik	<b>19</b>
<b>10</b>	<b>Właściwości reologiczne i tekstury hybrydowych hydrożeli polimerowych jako nośników insuliny do aplikacji na skórę</b> Aneta Ostróżka-Cieślik	<b>20</b>
<b>11</b>	<b>Matryce biopolimerowe jako ekologiczna alternatywa dla syntetycznych nośników leków</b>	<b>21</b>

	Agnieszka Szkudlarek	
<b>12</b>	<b>Oddziaływania ketoprofenu z albuminą surowicy ludzkiej w modelu in vitro różnych stanów klinicznych</b>	<b>22</b>
	Filip Hałdys, Katarzyna Pokajewicz, Ewa Moliszewska	
<b>13</b>	<b>Bocznik ostrygowaty jako źródło lotnych związków o działaniu nicieniobójczym</b>	<b>23</b>
	Magdalena Knapik, Jadwiga Charasińska, Sylwia Kozłowicz, Henryka Matusiak, Łucja Buzek	
<b>14</b>	<b>Opracowanie metod oznaczania śladowych zawartości renu w materiałach technologicznych o zróżnicowanej matrycy</b>	<b>24</b>
	Piotr Knapik, Aleksandra Latacz	
<b>15</b>	<b>Regresyjna ocena stabilności długoterminowej jako narzędzie prognozowania okresu ważności proszkowych materiałów odniesienia</b>	<b>25</b>
	Aleksandra Latacz, Piotr Knapik	
<b>16</b>	<b>Od proszku do wzorca - etapy opracowania certyfikowanych materiałów odniesienia stopów glinu i tytanu do druku 3D</b>	<b>26</b>
	Aleksandra Zassowska, Alicja Ryczko, Szymon Frączek	
<b>17</b>	<b>Preparatyka próbek żużli wielkopieczowych jako kluczowy etap kontroli składu chemicznego z wykorzystaniem techniki WD XRF</b>	<b>27</b>
	Michał Kubecki, Edyta Klima	
<b>18</b>	<b>Technika ekstrakcji wysokotemperaturowej jako narzędzie oznaczania tlenu, azotu i wodoru w tytanie i jego stopach</b>	<b>28</b>
<b>19</b>	<b>Opracowanie i wytwarzanie nowych wzorców wewnętrznych stopów AlNiCo na potrzeby kontroli materiałów ferromagnetycznych</b>	<b>29</b>
	Paulina Zogornik, Ewa Nowakowska-Bogdan, Ewa Dresler, Marta Michalec-Minch, Natalia Stanek-Wandzel, Renata Kulesza, Krzysztof Szkutnik, Łukasz Biłos	
<b>20</b>	<b>Analiza profilu lotnych związków organicznych w ekstrakcie z kaskary z zastosowaniem techniki SPME-GC/MS</b>	<b>30</b>
	Maja Konobrodzka, Hanna Barchańska	
<b>21</b>	<b>Walidacja metody analitycznej do ilościowego oznaczania flonicamidu w formulacjach środków ochrony roślin</b>	<b>31</b>
	Natalia Stanek-Wandzel, Magdalena Zarębska, Katarzyna Malorna, Joanna Buczman, Renata Kulesza, Łukasz Biłos, Krzysztof Szkutnik	
<b>22</b>	<b>Analiza związków bioaktywnych oraz właściwości antyoksydacyjnych ekstraktu kaskary z wykorzystaniem technik HPLC-DAD, HPLC-RI oraz spektrofotometrii UV-VIS</b>	<b>32</b>
	Magdalena Zarębska, Katarzyna Malorna, Ewa Sabura, Ewa Dresler, Natalia Stanek-Wandzel	
<b>23</b>	<b>Problem bez granic - monitoring i usuwanie mikrozanieczyszczeń w środowisku wodnym</b>	<b>33</b>
	Katarzyna Malorna, Magdalena Zarębska, Sylwia Bajkacz	
<b>24</b>	<b>Domowe systemy filtracyjne wobec problemu nowo pojawiających się zanieczyszczeń</b>	<b>34</b>
	Ewelina Musielak(1,2), Jacek Anyszkiewicz, Rafał Sitko, Justyna Kostrzewa	
<b>25</b>	<b>Rozwój metodyki próbek stapianych do pereł boranowych dla rud miedzi z zastosowaniem techniki XRF</b>	<b>35</b>
	Tadeusz Gorewoda, Jacek Anyszkiewicz, Justyna Kostrzewa, Marta Wolska, P. Queipo Rodríguez, L. Ignacio Suarez Rios, Robert Albrecht	
<b>26</b>	<b>The Laboratory for Circular Economy in European Defense Industry (Lab CEED)</b>	<b>36</b>

	Kinga Baran, Marta Wolska	
<b>27</b>	<b>Ryzyko personelu jako czynnik krytyczny w zapewnieniu ciągłości działania laboratorium badawczego zgodnego z ISO/IEC 17025</b>	<b>37</b>
<b>28</b>	Adrian Pietrzik, Jacek Anyszkiewicz, Justyna Kostrzewa, Ewelina Musielak, Ewa Jamroz	<b>38</b>
	<b>Różne sposoby preparatyki stopu tytanu Ti64</b>	
	Maciej Prudel, Celina Pieszko, Agata Wawoczny, Kamil Peckh	
<b>29</b>	<b>Optymalizacja metod ekstrakcji oraz analiza ICP-OES i UV-Vis w ocenie potencjału antyoksydacyjnego wybranych surowców roślinnych</b>	<b>39</b>
	Joanna Gierlotka, Joanna Wilk, Sylwia Bajkacz	
<b>30</b>	<b>Ukryte zagrożenie w paszach - opracowanie i walidacja metody oznaczania wybranych antybiotyków</b>	<b>40</b>
	Zofia Witkowska, Marianna Kostina-Bednarz	
<b>31</b>	<b>Zastosowanie podejścia chemometrycznego do oceny wpływu rodzaju uprawy na profil metaboliczny jabłek</b>	<b>41</b>
	Joanna Wilk, Agnieszka Kicińska, Sebastian Żabczyński, Sylwia Bajkacz	
<b>32</b>	<b>Mikrozanieczyszczenia pod lupą. Czy miejskie oczyszczalnie spełniają wymagania nowej dyrektywy ściekowej?</b>	<b>42</b>
	Julia Paris, Celina Pieszko	
<b>33</b>	<b>Zależność wyników oznaczania związków fenolowych od warunków ekstrakcji jako problem interpretacji wyników analitycznych</b>	<b>43</b>
	Julia Cegielska, Elżbieta Skiba, Monika Pietrzak, Wojciech M. Wolf	
<b>34</b>	<b>Wpływ nanometrycznych tlenków na gospodarkę mineralną grochu</b>	<b>44</b>
	Natalia Gierczak, Karolina Kafarska, Michał Gacki, Wojciech M. Wolf	
<b>35</b>	<b>Zastosowanie technik analitycznych w badaniach kompleksów metali bloku s z flurbiprofenem</b>	<b>45</b>
	Patrycja Schab, Karolina Kafarska, Michał Gacki, Wojciech M. Wolf	
<b>36</b>	<b>Metody instrumentalne w badaniach dotyczących związków koordynacyjnych metali z etodolakiem</b>	<b>46</b>
	Aleksandra Pollap, Paweł Świt	
<b>37</b>	<b>Zielona chemia analityczna w edukacji IB (International Baccalaureate): oznaczanie witaminy C w sokach owocowych z wykorzystaniem narzędzi GAPI, AGSA i AGREE</b>	<b>47</b>
	Mateusz Szczelaszczyk, Joanna Orzeł	
<b>38</b>	<b>Badanie wpływu SCOBY na zawartość polifenoli w kombuczy</b>	<b>48</b>
	Joanna Śmiarowska, Natalia Żak, Bartosz Handke, Maciej Sitarz, Wojciech A. Pisarski	
<b>39</b>	<b>Tlenkowo-fluorkowe materiały amorficzno-krystaliczne otrzymane metodą zol-żel jako emitery promieniowania w zakresie bliskiej podczerwieni</b>	<b>49</b>
	Patrycja Korbel, Joanna Orzeł	
<b>40</b>	<b>Ocena wpływu rodzaju herbaty, substancji słodzącej oraz sposobu parzenia na zawartość kofeiny w próbkach kombuczy oraz macierzy SCOBY</b>	<b>50</b>
	Agata Szłapa-Kula, Sławomir Kula, Łukasz Kaźmierski, Anna Biernasiuk, Przemysław Krawczyk	
<b>41</b>	<b>Czy niewielka zmiana podstawnika heterocyklicznego może znacząco wpłynąć na właściwości fizykochemiczne i biologiczne pochodnych kwasu (Z)-2-(5-benzylideno-4-okso-2-tioksotiazolidyn-3-yl)octowego?</b>	<b>51</b>
	Paweł Kalarus, Agata Szłapa-Kula, Michał Filapek, Sławomir Kula	
<b>42</b>	<b>Etynylotiofenowe pochodne fluorenu: jak struktura kształtuje właściwości fizykochemiczne?</b>	<b>52</b>

	Adrianna Zimończyk, Katarzyna Choroba	
<b>43</b>	<b>Analiza spektroskopowa i elektrochemiczna związków irydu(III) z aminowymi pochodnymi 1H-imidazo[4,5-f][1,10]fenantroliny</b>	<b>53</b>
	Emilia Buchcik, Grażyna Szafraniec-Gorol	
<b>44</b>	<b>Nowe fluorofory z rdzeniem pirydynopirolo[3,2,1-jk]karbazolowym</b>	<b>54</b>
	Krzysztof Witkiewicz, Barbara Hachuła, Alicja Menżyk	
<b>45</b>	<b>Wielometodowe badania identyfikacyjne elementów konstrukcyjnych pojazdów wykonanych z tworzyw sztucznych</b>	<b>55</b>
	Monika Wowra, Barbara Feist	
<b>46</b>	<b>Oznaczanie zawartości wybranych jonów metali oraz kwasowości ogólnej w winach domowej produkcji</b>	<b>56</b>
	Agnieszka Niezręcka, Marcin Musielak	
<b>47</b>	<b>Optymalizacja oznaczania chloru w próbkach środowiskowych i żywności metodą TXRF</b>	<b>57</b>
	Daria Kołodziejczyk, Marcin Musielak	
<b>48</b>	<b>Ograniczenie strat lotnego arsenu podczas oznaczania metodą TXRF</b>	<b>58</b>
	Filip Milewski, Michał Piekorz, Marcin Musielak, Bartosz Leśnicki	
<b>49</b>	<b>Wykorzystanie biomasy jako biosorbentów metali ciężkich oraz prekursorów nanomateriałów katalitycznych</b>	<b>59</b>
	Karolina Dej, Marta Kuwik, Wojciech A. Pisarski	
<b>50</b>	<b>Wpływ stężenia jonów Pr<sup>3+</sup> i Nd<sup>3+</sup> na emisję w drugim oknie biologicznym w szklach fosforanowych</b>	<b>60</b>
	Justyna Bawiec, Monika Geppert-Rybczyńska	
<b>51</b>	<b>Wykorzystanie spektroskopii UV-Vis do wstępnej charakterystyki oddziaływań diklofenaku sodu z surfaktantami</b>	<b>61</b>
	Agnieszka Krawiec, Agata Szłapa-Kula, Michał Filapek, Sławomir Kula	
<b>52</b>	<b>Modyfikacja właściwości fizykochemicznych pochodnych fenantroimidazolu poprzez zmianę układu aromatycznego w pozycji C2</b>	<b>62</b>
	Mateusz Korzec, Sonia Kotowicz	
<b>53</b>	<b>Analiza budowy i właściwości 3- i 4- podstawionych pochodnych 1,8-naftalimidów z wykorzystaniem metod spektroskopowych</b>	<b>63</b>

## **Więcej niż analiza - chemia analityczna jako przestrzeń współpracy nauki i biznesu**

Anna Poliwoda(1,2)

*(1) Uniwersytet Opolski, Wydział Chemii i Farmacji, Pl. Kopernika 11a, 45-040 Opole*

*(2) Uniwersytet Opolski, Międzynarodowe Centrum Badawczo-Rozwojowe, Oleska 22a, 45-052 Opole*

Chemia analityczna stanowi obecnie nie tylko podstawę uzyskiwania wiarygodnych danych pomiarowych, lecz także ważny obszar współpracy pomiędzy nauką a otoczeniem społeczno-gospodarczym. Jej rola nie ogranicza się już wyłącznie do wykonywania oznaczeń, ale obejmuje również dobór strategii badawczej, rozwój i walidację metod, interpretację wyników oraz wsparcie procesów wdrożeniowych. W tym ujęciu staje się ona nie tylko narzędziem poznania, lecz także praktycznym instrumentem rozwiązywania problemów technologicznych, jakościowych i środowiskowych.

Wystąpienie poświęcone będzie znaczeniu laboratoriów analitycznych jako przestrzeni integrującej działalność badawczo-rozwojową i komercyjną. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na rolę nowoczesnego zaplecza laboratoryjnego w budowaniu efektywnej współpracy z podmiotami zewnętrznymi, w której analiza chemiczna stanowi często punkt wyjścia do szerszych działań obejmujących diagnozę problemu, dobór właściwych narzędzi badawczych, ocenę jakości, a także opracowanie możliwych kierunków dalszego postępowania.

W prezentacji omówione zostaną wybrane aspekty związane z organizacją i zarządzaniem laboratoriami ukierunkowanymi na współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Podkreślone zostanie znaczenie jakości analitycznej, kompetencji interdyscyplinarnych oraz właściwego modelu współpracy pomiędzy jednostką naukową a partnerem gospodarczym. Chemia analityczna zostanie przedstawiona jako narzędzie transferu wiedzy i technologii, wspierające rozwój innowacyjnych rozwiązań, optymalizację procesów oraz budowanie trwałych relacji pomiędzy nauką a biznesem.

## **Badanie i bioobrazowanie pierwiastków w próbkach klinicznych metodą ICP MS i LA-ICP-MS jako wsparcie diagnostyki chorób**

Anetta Hanć

*Zakład Analizy Śladowej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Pierwiastki obecne w organizmie człowieka odgrywają kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu procesów biologicznych, a ich zaburzona homeostaza może towarzyszyć rozwojowi wielu chorób. W niniejszym wystąpieniu przedstawione zostanie zastosowanie spektrometrii mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP MS) jako narzędzia umożliwiającego zarówno precyzyjne oznaczanie zawartości pierwiastków fizjologicznych w próbkach klinicznych, jak i ich przestrzenne obrazowanie w tkankach (LA-ICP-MS).

Badania obejmowały analizę próbek krwi, moczu, śliny i włosów pobranych od chorych na choroby układu sercowo-naczyniowego. Badanie płynów ustrojowych i włosów po odpowiednim przygotowaniu chemicznym pozwala na określenie stężeń pierwiastków śladowych i makroelementów. Uzupełnieniem tych analiz jest bioobrazowanie tkanek z wykorzystaniem techniki ablacji laserowej sprzężonej z ICP MS, umożliwiające określenie przestrzennego rozmieszczenia pierwiastków w strukturze badanej tkanki. W kontekście chorób sercowo naczyniowych szczególne znaczenie mają biomarkery, czyli mierzalne wskaźniki odzwierciedlające stan fizjologiczny lub patologiczny organizmu. Coraz więcej badań wskazuje, że zmiany w stężeniach wybranych pierwiastków (np. Cu, Zn, Se, Ca, Mg) oraz ich rozmieszczenie w tkankach mogą stanowić cenne biomarkery wspomagające wczesne wykrywanie chorób oraz monitorowanie postępu terapii.

Połączenie klasycznej analizy ilościowej z obrazowaniem dostarcza bardziej kompleksowego obrazu zmian zachodzących w organizmie chorego, łącząc wysoką czułość pomiaru z możliwością uzyskania informacji przestrzennej na poziomie tkankowym oraz wskazując nowe możliwości wczesnej diagnostyki i monitorowania stanu pacjenta.

1 A. Ołasińska-Wiśniewska, T. Urbanowicz, M. Mistowski, M. Grygier, A.F. Araszkiewicz, F. Wojewódzki, S. Stefaniak, P. Marcinkowski, I. Kauf, M. Jemielity, A. Hanć, *J. Clin. Med.* 15 (2026) 8.

2 T. Urbanowicz, A. Hanć, J. Frąckowiak, *Biol. Trace Elem. Res.* 203 (2025) 2122-2131.

3 J. Frąckowiak, I. Komorowicz, A. Sajnog, K. Skrypnik, J. Suliburska, A. Hanć, *Talanta* 283 (2025) 127112.

4 A. Hanć, J. Zhang A.R. Fernandes, J. Falandysz, *Food Res. Int.* 219 (2025) 117104.

## **Zielona chromatografia cieczowa**

Szymon Bocian

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Katedra Chemii Środowiska i Bioanalitiky,  
ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń, Polska*

Chromatografia cieczowa jest jedną z najważniejszych technik analitycznych, znajdującą coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Wraz ze wzrostem liczby wykonywanych analiz zwiększa się jednak ilość generowanych odpadów, zwłaszcza rozpuszczalników organicznych, co rodzi istotne wyzwania środowiskowe. W odpowiedzi na te problemy rozwijana jest koncepcja zrównoważonych metod analitycznych, określanych mianem zielonej chromatografii.

Ze względu na toksyczność i negatywny wpływ rozpuszczalników organicznych na zdrowie człowieka oraz środowisko naturalne, podejmowane są intensywne działania na rzecz opracowania bardziej przyjaznych środowisku technologii. Techniki separacyjne, w tym chromatografia cieczowa, tradycyjnie opierają się na wykorzystaniu znacznych ilości takich rozpuszczalników, co uzasadnia rosnące zainteresowanie badaniami nad ograniczeniem ich zużycia oraz zastępowaniem ich bezpieczniejszymi alternatywami.

Istnieje wiele strategii prowadzących do „zazielenienia” chromatografii cieczowej. Obejmują one m.in. miniaturyzację układów chromatograficznych (np. stosowanie kolumn o mniejszych średnicach wewnętrznych), co pozwala na obniżenie przepływów fazy ruchomej i redukcję ilości odpadów, prowadzenie analiz w podwyższonych temperaturach, a także zastępowanie klasycznych rozpuszczalników organicznych bardziej ekologicznymi mediami, takimi jak woda, etanol, węglan dimetylu, mleczan etylu czy nadkrytyczny ditlenek węgla.

Spośród wymienionych podejść szczególnie atrakcyjne z punktu widzenia ochrony środowiska są analizy prowadzone z wykorzystaniem czystej wody jako jedyne eluentu w wysokosprawnej chromatografii cieczowej, choć stanowią one istotne wyzwanie metodyczne. Należy jednak oczekiwać, że przyszłość zrównoważonych metod chromatograficznych będzie związana z zastosowaniem alternatywnych rozpuszczalników, takich jak węglan dimetylu, etanol i mleczan etylu. W związku z tym ekologiczne aspekty chromatografii cieczowej stanowią główny temat niniejszej prezentacji.

## **Wzorce chemiczne w obliczu współczesnych wyzwań chemii analitycznej**

Gabriela Fic-Stankowska

*TUSNOVICS INSTRUMENTS*

Współczesna chemia analityczna dąży do uzyskiwania coraz dokładniejszych wyników przy jednoczesnym ograniczaniu niepewności pomiarowych. Dynamiczny rozwój technologii oraz rosnące wymagania dotyczące szybkości, wiarygodności i ekologicznego charakteru analiz powodują wzrost znaczenia wysokiej jakości wzorców analitycznych i materiałów odniesienia.

Celem prezentacji jest przedstawienie roli wzorców analitycznych we współczesnych badaniach laboratoryjnych. Omówione zostaną podstawowe rodzaje materiałów odniesienia, ich zastosowanie, wymagania jakościowe oraz znaczenie w zapewnianiu wiarygodności wyników analiz. Przedstawione zostaną również praktyczne aspekty doboru wzorców do potrzeb laboratoriów, w tym problematyka materiałów niestandardowych i trudno dostępnych.

Prezentacja oparta jest na wieloletnim doświadczeniu autora w zakresie doboru wzorców analitycznych oraz doradztwa dla laboratoriów.

## **Zastosowanie nowoczesnych metod spektroskopowych do oceny skumulowanych ładunków Cd i Pb z depozycji atmosferycznej w torfowiskach ombrotroficznych**

Ewa Miszczak, Anna Garwol-Głodniok

*Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, Polska Akademia Nauk, Oddział w Zabrze*

Torfowiska ombrotroficzne stanowią unikalne archiwa środowiskowe, gromadzące w sposób ciągły atmosferyczną depozycję pierwiastków śladowych. Ze względu na wyłączone zasilanie przez depozycję atmosferyczną oraz niską mobilność pierwiastków w warunkach beztlenowych umożliwiają rekonstrukcję historycznych zmian emisji antropogenicznych [1] szczególnie na obszarach długotrwanie uprzemysłowionych, takich jak Górnośląski Okręg Przemysłowy (GOP) [2]. Całkowite ładunki zanieczyszczeń obszarowych pochodzących z atmosferycznej depozycji, akumulowane od początku rewolucji przemysłowej zapoczątkowanej pod koniec XVIII wieku i trwającej ponad 200 lat, oraz ich udział w zanieczyszczeniu gleb pozostają nadal słabo rozpoznane, zwłaszcza w odniesieniu do pierwiastków lotnych. W tym kontekście torfowiska ombrotroficzne stanowią szczególnie przydatne archiwa środowiskowe, jednak dotychczas były one rzadko wykorzystywane do ilościowej oceny skumulowanych ładunków zanieczyszczeń [3].

Celem pracy była ocena całkowitych skumulowanych ładunków wybranych pierwiastków lotnych zdeponowanych w torfowisku „Bagno koło Mikołeski” (BM), położonym w północnej części Wyżyny Śląskiej, na obrzeżu GOP. Położenie torfowiska na północ od intensywnie uprzemysłowionego obszaru GOP oraz bliskość hut metali nieżelaznych czynią je czułym rejestratorem regionalnej presji przemysłowej.

Do oznaczania stężeń pierwiastków zastosowano nowoczesną technikę spektroskopową spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP MS) z wykorzystaniem spektrometru Elan DRC e (PerkinElmer). Próbkę torfu o masie 0,2-0,5 g poddano mineralizacji i w mieszaninie 5 ml 65% kwasu azotowego (HNO<sub>3</sub>) oraz 15 ml 35% kwasu solnego (HCl) z zastosowaniem systemu mikrofalowego Multiwave 5000 (Anton Paar GmbH, Graz, Austria).

Średni całkowity skumulowany ładunek zdeponowany w okresie około 900 lat wyniósł 0,45 g/m<sup>2</sup> dla Cd oraz 14,52 g/m<sup>2</sup> dla Pb. Analiza chronologiczna profilu, oparta na zwalidowanych danych ilościowych, wykazała, że około 81% ładunku Cd oraz 76% Pb zostało zdeponowane przed 1980 r. Uzyskane wyniki wskazują na istotny udział lokalnych źródeł emisji w akumulacji pierwiastków w torfowiskach obszaru GOP, w odróżnieniu od torfowisk „Czarnego Trójkąta” (Cd: 0,058 g/m<sup>2</sup>; Pb: 5,25 g/m<sup>2</sup>) pozostających pod dominującym wpływem dalekodystansowego transportu zanieczyszczeń (LRTP) [3].

Wyniki potwierdzają wysoką przydatność torfowisk ombrotroficznych jako archiwów depozycji atmosferycznej oraz kluczową rolę nowoczesnych metod spektroskopowych w ilościowej rekonstrukcji historycznych trendów emisji antropogenicznych w regionach silnie uprzemysłowionych.

Podziękowania: Badania sfinansowano ze środków statutowych nr 1a 151/2024-2025.

1 W. Shotyk, P. Blaser, A. Grünig, A.K. Cheburkin, *Sci. Total Environ.* 249 (2000) 281-295.

2 B. Smieja-Król, B. Fiałkiewicz-Kozieł, A. Michalska, T. Krzykawski, D. Smółka-Danielowska, *Environ. Pollut.* 250 (2019) 717-727.

3 E. Miszczak, S. Stefaniak, A. Michczyński, E. Steinnes, I. Twarowska, *Sci. Total Environ.* 703 (2020) 135776.

4 E. Miszczak, S. Stefaniak, E. Steinnes, I. Twardowska, *Sustainability* 16 (2024) 10709.

## Ekstrakcja sekwencyjna metali z osadów ściekowych - ograniczenia i perspektywy

Malwina Tytła, Alina Pohl

*Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, Polska Akademia Nauk, Oddział w Zabrzu*

Do identyfikacji form chemicznych metali w różnych matrycach środowiskowych, w tym również osadach ściekowych, powszechnie stosowana jest procedura zaproponowana przez Community Bureau of Reference (BCR) [1]. Stanowi ona modyfikację opracowanej w 1979 roku metody Tessiera [2]. Proces ekstrakcji sekwencyjnej pozwala stwierdzić, z jakimi składnikami osadów ściekowych związane są poszczególne metale oraz dokonać oceny zdolności ich migracji do środowiska. Największą mobilnością oraz biodostępnością odznaczają się metale związane z frakcją F1 (metale związane z węglanami), a następnie z frakcją F2 (z tlenkami Mn i Fe), choć te uwalniają się do środowiska wolniej. Za czasowo niemobilne uznaje się metale związane z frakcją F3 (z materią organiczną i siarczkami). Z kolei metale związane z frakcją F4 są całkowicie niemobilne, co oznacza, że nie stanowią one zagrożenia dla środowiska ani organizmów żywych [3].

Z procesem ekstrakcji sekwencyjnej wiążą się różne ograniczenia. Można tu wymieniać trudności z przygotowaniem materiału do badań, straty materiału w kolejnych etapach ekstrakcji czy długi czas trwania procesu [4,5]. Rozwiązanie tych problemów pozostaje wyzwaniem. Ponadto, biorąc pod uwagę fakt, że osady ściekowe w różnych punktach ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków różnią się charakterystyką, konieczne jest wprowadzenie pewnych modyfikacji w procedurze ich przygotowania. W przeciwnym wypadku może dojść do niecałkowitego wymieszania się ekstrahenta z materiałem badawczym, co w efekcie będzie skutkowało uzyskaniem wyników obciążonych błędem.

Porównano wyniki ekstrakcji sekwencyjnej wybranych metali (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) na przykładzie osadów pobranych na początku (osad wstępny) i końcu ciągu oczyszczalni ścieków (osad odwodniony). Ze względu na strukturę osadu wstępnego zmodyfikowano procedurę jego przygotowania do ekstrakcji (suszenie, cięcie nożycami teflonowymi, mielenie) w stosunku do tej stosowanej standardowo, jak w przypadku osadu odwodnionego (suszenie, mielenie, przesiewanie przez sito). Następnie przeprowadzono ekstrakcję sekwencyjną metali z wykorzystaniem ultradźwięków, co wyeliminowało wielogodzinne wytrząsanie próbek. Wyniki wskazują, że wprowadzone modyfikacje spełniły swoją rolę. Odzysk dla badanych metali w przypadku metody klasycznej oraz zmodyfikowanej wyniósł odpowiednio: 94% - 130% i 107% - 136% (osad wstępny) oraz 87% - 113% i 88% - 112% (osad odwodniony). Pomimo stabilnych warunków prowadzenia procesu ekstrakcji sekwencyjnej obserwowano pewne przesunięcia w odniesieniu do niektórych metali między poszczególnymi frakcjami, co wskazuje na potrzebę dalszych badań.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr [2019/35/D/ST10/02575].

- 1 A.M. Ure, Ph. Quevauviller, H. Mantau, B. Griepink, *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 51 (1993) 135-151.
- 2 A. Tessier, P.G.C. Campbell, M. Bisson, *Anal. Chem.* 51 (1979) 844-851.
- 3 J. Gawdzik, *Monografie, Studia, Rozprawy (M44); Politechnika Świętokrzyska: Kielce* (2013) 51-55.
- 4 M. Tytła, K. Widziewicz-Rzońca, Z. Bernaś, *Molecules* 27 (2022) 4947.
- 5 M. Tytła, A. Pohl, *Laboratorium-Przegląd Ogólnopolski* 3 (2024) 33-39.

## Badanie właściwości lipofilowych chlorowodoru tramadolu metodą chromatografii cienkowarstwowej (TLC)

Małgorzata Maciejczyk(1), Wioletta Parys(2)

(1) *Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec*

(2) *Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec*

Lipofilowość jest jednym z kluczowych parametrów fizykochemicznych wpływających na właściwości farmakokinetyczne substancji leczniczych, takie jak wchłanianie, dystrybucja oraz przenikanie przez błony biologiczne. Określenie tego parametru ma istotne znaczenie w projektowaniu i ocenie skuteczności oraz bezpieczeństwa leków [1-3]. Jedną z metod umożliwiających ocenę lipofilowości jest chromatografia cienkowarstwowa (TLC), która stanowi stosunkowo prostą, szybką i ekonomiczną technikę analityczną. Chlorowodorek tramadolu jest powszechnie stosowanym lekiem przeciwbólowym o działaniu ośrodkowym, którego właściwości fizykochemiczne wpływają na jego biodostępność i profil działania. Z tego względu badanie jego lipofilowości stanowi istotny element charakterystyki tej substancji. Celem pracy było zbadanie lipofilowości chlorowodoru tramadolu z zastosowaniem chromatografii cienkowarstwowej w odwróconym układzie faz (RP-TLC) oraz z wykorzystaniem równań Soczewińskiego-Wachtmeistersa i Ościka. Fazę stacjonarną stanowiły płytki RP-2F<sub>254</sub> i RP-18F<sub>254</sub>, natomiast fazę ruchomą mieszaniny wody oraz następujących modyfikatorów organicznych: metanolu, dioksanu i acetonu. Otrzymane metodą RP-TLC wartości parametru  $R_M$  posłużyły do wyznaczenia chromatograficznego parametru lipofilowości wg. Soczewińskiego-Wachtmeistersa ( $R_{MWS}$ ) oraz wg. Ościka ( $R_{MWO}$ ) dla chlorowodoru tramadolu. W dalszej części pracy porównano uzyskane doświadczalnie parametry lipofilowości ( $R_{MWS}$ ,  $R_{MWO}$ ) z teoretycznymi parametrami lipofilowości, tj:  $XlogP_3$ ,  $WlogP$ ,  $MlogP$ ,  $Silicos-IT$ ,  $srlogP$  oraz  $logP_{biosig}$  pozyskanymi z różnych internetowych baz danych [4-5]. Uzyskane wartości chromatograficznych parametrów lipofilowości  $R_{MWS}$  i  $R_{MWO}$  dla chlorowodoru tramadolu są istotnie niższe w porównaniu z wartościami teoretycznymi, co wynika z wpływu warunków eksperymentalnych oraz stopnia jonizacji badanego związku.

1 T.W. Johnson, R.A. Gallego, M.P. Edwards, J. Med. Chem. 61 (2018) 6401-6420.

2 S. Lobo, Expert. Opin. Drug. Discov. 15 (2020) 261-263.

3 Ch. Wilson, J. Pharmacokinet. Exp. Ther. 8 (2024) 1000278.

4 SwissADME, <http://www.swissadme.ch/>

5 pkCSM pharmacokinetics, <https://biosig.lab.uq.edu.au/pkcsm/prediction>

## Emisyjność cieplna w ocenie jakości tabletek do rozgryzania i żucia przechowywanych w warunkach stresowych

Beata Sarecka-Hujar

*Katedra Podstawowych Nauk Biomedycznych, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu,  
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Jedności 8b, 41-200 Sosnowiec, Polska*

Wstęp: Nowoczesne, nieniszczące techniki analityczne zyskują w ostatnich latach na popularności w badaniach jakościowych tabletek oraz innych stałych form doustnych leków [1]. Jednym z ważnych parametrów dostarczanych przez te metody jest emisyjność ( $\epsilon$ ). Stanowi ona nowy wskaźnik do oceny właściwości termicznych i optycznych substancji czynnych (API), np. do monitorowania ich degradacji pod wpływem promieniowania UV.  $\epsilon$  odzwierciedla właściwości radiacyjne materiału i jest silnie skorelowana z charakterystyką powierzchni badanego obiektu. Można ją zdefiniować jako stosunek promieniowania emitowanego przez powierzchnię do promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne w tej samej temperaturze. Celem badania było porównanie parametrów emisyjności cieplnej komercyjnych tabletek do rozgryzania i żucia w zależności od warunków ich przechowywania.

Metody: W badaniu wykorzystano emisjometr ET 100 (Surface Optics Corporation, USA) pracujący w zakresie dalekiej podczerwieni (1,5-2,0, 2,0-3,5, 3,0-4,0, 4,0-5,0, 5,0-10,5, 10,5-21 mikronów), który odpowiada typowemu zakresowi emisji cieplnej materiałów w temperaturach zbliżonych do tych panujących w otoczeniu. Przebadano tabletki do żucia zawierające dihydroksywęglan glinowo-sodowy, przechowywane w warunkach zalecanych przez producenta: nieprzeterminowane (TN) i przeterminowane (TP) oraz tabletki poddane warunkom stresowym (TS) (temperatura 40°C i UV w komorze starzeniowej Solarbox 1500). Oceniono kierunkową emisyjność cieplną przy dwóch kątach padania wiązki promieniowania, tj. 20° i 60° (DTE20 i DTE60, odpowiednio) oraz hemisferyczną emisyjność cieplną (HTE). Dla każdej próbki pomiary wykonano trzykrotnie. Badanie przeprowadzono w ramach projektu BNW-1-037/N/5/F.

Wyniki: Każdy z parametrów emisyjności, DTE20, DTE60 i HTE, różnił się statystycznie między rodzajami badanych tabletek do rozgryzania i żucia ( $p=0,001$ ,  $p=0,002$  i  $p<0,001$ , odpowiednio). Wartości DTE20 były istotnie wyższe w przypadku TN i TS w porównaniu z TP (0,972 i 0,971 vs 0,968, odpowiednio). Podobnie, wartości HTE były istotnie wyższe w przypadku TN i TS w porównaniu z TP (0,946 i 0,945 vs 0,941, odpowiednio). Z kolei parametr DTE60 był statystycznie niższy dla TS w porównaniu z TN i TP (0,892 vs 0,931 i 0,929, odpowiednio).

Wnioski: Tabletki do rozgryzania i żucia przechowywane w warunkach stresowych (TS) charakteryzowały się niższymi wartościami DTE60 w porównaniu z TN i TP, z kolei tabletki przeterminowane (TP) cechowały się niższymi wartościami DTE20 i HTE w porównaniu z TN i TS, co wskazuje na potencjalne zastosowanie tych parametrów w ocenie jakości tabletek.

1 M. Meisner, B. Szulc-Musioł, B. Sarecka-Hujar, Acta Pol. Pharm. 81 (2024) 675-684.

## Zastosowanie metody TLC do oceny właściwości lipofilowych nowo zsyntezowanych 8-trifluorometylochino-benzotiazyn o potencjalnym działaniu biologicznym

Daria Klimoszek(1), Małgorzata Dołowy(2), Małgorzata Jeleń(3)

(1) Szkoła Doktorska ŚUM, Wydział Nauk Farmaceutycznych ŚUM w Sosnowcu

(2) Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych ŚUM w Sosnowcu

(3) Katedra i Zakład Chemii Organicznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych ŚUM w Sosnowcu

Spośród różnych właściwości fizykochemicznych związków organicznych lipofilowość uznawana jest za kluczowy parametr wpływający nie tylko na wchłanianie, transport i dystrybucję danej cząsteczki w układach biologicznych, ale również jej oddziaływanie z celami biologicznymi czy odpowiednio na ich potencjalne działanie toksyczne. Parametr lipofilowości bardzo często wykorzystywany jest w procesie poszukiwania nowych aktywnych substancji o większej efektywności przeciwko określonym wirusom, bakteriom lub komórkom nowotworowym oraz mniejszej toksyczności dla organizmu.

Celem powyższej pracy była ocena właściwości lipofilowych serii nowo zsyntezowanych zgodnie z procedurą zaprezentowaną we wcześniejszej pracy trzynastu związków z grupy pochodnych dialkiloaminoalkilowych trifluorometylochino-benzotiazyny [1]. Opublikowane uprzednio badania dowiodły, że uzyskane na drodze modyfikacji struktury fenotiazyny nowe chinobenzotiazyny i dichinobenzotiazyny to molekuly o zróżnicowanej aktywności biologicznej [2]. Parametr lipofilowości dla grupy badanych związków wyznaczono chromatograficznie z użyciem płytek RP-2F<sub>254</sub>, RP-8F<sub>254</sub> i RP-18F<sub>254</sub> oraz następujących faz ruchomych: aceton+bufor TRIS, 1,4-dioksan+bufor TRIS oraz propan-2-ol+bufor TRIS zgodnie z równaniem Soczewińskiego-Wachtmeistersa i porównano z obliczonymi wartościami współczynnika podziału. Otrzymane wyniki badań wskazują na to, że chromatograficzny parametr lipofilowości ( $R_{MW}$ ) znacznie lepiej odzwierciedla charakter lipofilowy serii analizowanych związków w porównaniu z teoretycznymi wartościami logP. Średnie wartości  $R_{MW}$  ww. związków mieszczą się w przedziale od 1 do 5, co oznacza, że spełniają regułę Lipińskiego i mogą być uznane za potencjalnych kandydatów na nowe aktywne substancje.

Podziękowania: Badania zostały wykonane w ramach projektu BNW-2-004/K/5/F finansowanego przez Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach.

1 D. Klimoszek, A. Majewska, M. Jeleń, M. Struga, B. Morak-Młodawska, M. Dołowy, *Pharmaceuticals* 19 (2026) 422.

2 M. Jeleń, B. Morak-Młodawska, R. Korlacki, *J. Mol. Struct.* 1287 (2023) 135700.

## Zastosowanie metod in silico w analizie QSPR wybranych leków przeciwbólowych

Daria Klimoszek(1), Wioletta Parys(2)

(1) *Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

(2) *Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Jedne z najczęściej stosowanych leków w Polsce to leki przeciwbólowe zwane również analgetykami. Analgetyki można podzielić na leki opioidowe oraz leki nieopiodowe. Spośród leków opioidowych wyróżnia się słabe opioidy (np. kodeina, tramadol) oraz silne opioidy (np. morfina, fentanyl). Do leków nieopiodowych należą m.in. paracetamol oraz niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) [1]. Wyznaczanie parametrów fizykochemicznych leków ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia ich zachowania w różnych środowiskach biologicznych. Poznanie właściwości fizykochemicznych leków pozwala na dobranie odpowiedniej drogi podania leków, poznanie wchłanianości leków przez organizm oraz przenikalności przez barierę krew/mózg czy ośrodkowy układ nerwowy.

Celem badań było wykorzystanie metod in silico w analizie QSPR kodeiny, morfiny, fentanylu, paracetamolu, naproksenu oraz ibuprofenu. Programy SwissADME, pkCSM, ChemSketch oraz MedChem Designer zastosowano do wyznaczenia parametrów fizykochemicznych tj.: masa molowa, objętość molowa, refrakcja molowa, liczba wiązań rotacyjnych, liczba akceptorów wiązań wodorowych, liczba donorów wiązań wodorowych, polaryzowalność, całkowite pole powierzchni polarnej, wchłanianie jelitowe u człowieka, współczynnik podziału mózg/krew, lipofilowość, przenikalność przez skórę oraz ośrodkowy układ nerwowy. Dla uzyskanych parametrów fizykochemicznych wykonano analizę podobieństwa za pomocą programu Statistica. Porównując wybrane związki pod względem właściwości lipofilowych można zauważyć ich podział na dwie grupy, jedna zawierająca ibuprofen, naproksen i fentanyl, druga zawierająca paracetamol, morfina i kodeinę. Spośród związków pierwszej grupy największe podobieństwo wykazują ibuprofen i naproksen, natomiast spośród związków drugiej grupy morfina i kodeina. Porównując pozostałe parametry fizykochemiczne największe podobieństwo również występuje między ibuprofenem a naproksem oraz między morfina a kodeiną, jednakże nie ma zauważalnego podziału analizowanych związków na dwie grupy tak jak w przypadku właściwości lipofilowych. Uzyskane wyniki świadczą o przydatności metod in silico do analizy QSPR wybranych leków przeciwbólowych.

1 B.G. Oertel, J. Lötsch, Br. J. Pharmacol. 168 (2013) 534-553.

## **Biomedyczny potencjał hydrożeli alginianowych w zaawansowanym leczeniu ran**

Beata Szulc-Musioł, Łukasz Potoniec

*Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Jedności 8B, 41-200 Sosnowiec*

Alginian to polisacharyd ekstrahowany głównie z cytoplazmy brunatnic. Obecne w strukturze alginianu grupy karboksylowe i hydroksylowe pełnią rolę efektywnych miejsc aktywnych umożliwiających ich modyfikację chemiczną, co prowadzi do syntezy materiałów o doskonałych parametrach mechanicznych, biogodności i wrażliwości na różne czynniki, zwiększając tym samym ich aktywność biologiczną. W ciągu ostatnich dekad znacznie wzrosło zainteresowanie hydrożelami na bazie alginianu, jako obiecującymi trójwymiarowymi, porowatymi rusztowaniami do gojenia ran i inżynierii tkankowej, a także systemami dostarczania leków. Jego skuteczność w gojeniu ran przypisuje się doskonałej hydrofilowości, biogodności, biodegradowalności i niskiej toksyczności. Hydrożele alginianowe absorbują znaczne ilości wysięku z rany, chronią rany przed wnikaniem drobnoustrojów i zapewniają wilgotne środowisko. Niniejszy przegląd miał na celu opisanie właściwości biomedycznych alginianu i jego kompozytów oraz omówienie właściwości tych biomateriałów w gojeniu się ran skóry.

**METODYKA.** Przeszukano bazy danych: SCOPUS, PUBMED, Google Scholar. Przegląd publikacji przeprowadzono w oparciu o słowa kluczowe: "Alginate" AND "Hydrogel" AND "Skin wound healing", artykuły opublikowane, pełnotekstowe, w języku angielskim.

**WYNIKI.** Łącznie wzięto pod uwagę 62 publikacje, a wyniki kilku wybranych, krótko przybliżono poniżej. Rezvanian i wsp. wykazali, że po 21 dniach stosowania hydrożelu alginianowo-pektynowego z simwastatyną, u szczurów rany goiły się istotnie szybciej, w porównaniu z grupą kontrolną. Shah i wsp. badali hydrożel z alginianem siarczanu chondroityny pod kątem kontrolowanego dostarczania kurkuminy, w celu przyspieszenia gojenia się ran cukrzycowych u szczurów [1,2]. In vivo wykazano, że hydrożel znacząco poprawił gojenie się ran. Mao i wsp. zaprojektowali hydrożel alginianowy z arginina i jonami cynku [3]. W porównaniu z innymi opatrunkami, wykazał on lepszą skuteczność gojenia ran, a wskaźnik zamknięcia rany osiągnął 100% w 14 dniu badania. Barbosa i wsp. przeprowadzili randomizowane badanie, w celu oceny skuteczności działania hydrożelu wzbogaconego alginianem sodu, wit. A i E w leczeniu ran cukrzycowych u ludzi [4]. W grupie eksperymentalnej po 12 tygodniach zaobserwowano zmniejszenie nacieków zapalnych, jednak nie doprowadziło to do poprawy tworzenia tkanki ziarninowej, ani przyspieszenia gojenia.

**WNIOSKI.** Pomimo ostatnich postępów w stosowaniu hydrożeli na bazie alginianów w gojeniu ran, konieczne jest dalsze udoskonalanie tych materiałów, aby doprowadzić do rozwiązania istotnych problemów ograniczających ich zastosowanie. Obecnie badania opierają się głównie na badaniach przedklinicznych, które nakładają pewne ograniczenia na translację kliniczną.

1 M. Rezvanian, S.F. Ng, T. Alavi, W. Ahmad, *Int. J. Biol. Macromol.*, 171 (2021).

2 S.A. Shah, M. Sohail, S.A. Khan, M. Kousar, *Mater. Sci. Eng. C*, 126 (2021).

3 G. Mao, S. Tian, Y. Shi, J. Yang, H. Li, H. Tang, W. Yang, *Carbohydr Polym.* 1(2023): 120757.

4 M.G. Barbosa, V.F. Carvalho, A.O. Paggiaro, *Wounds*, 34 (2022).

## Wyznaczenie parametrów lipofilowości buforminy techniką TLC oraz z użyciem metod *in silico*

Emilia Rudnicka(1), Małgorzata Dołowy(2)

(1) *Koło Naukowe STN SUM w Katowicach działające przy Zakładzie Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

(2) *Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Buformina (1-butylobiguanid) to przedstawiciel grupy związków o działaniu przeciwcukrzycowym należących do biguanidów, podobnie jak fenformina i metformina. Biguanidy wywodzą się z naturalnych związków obecnych w roślinie *Galega officinalis* (rutwica lekarska), znanej już w średniowieczu ze swoich właściwości hipoglikemizujących, moczopędnych oraz pobudzających laktację. Pomimo tego, że buformina została już obecnie w dużym stopniu zastąpiona metforminą, w niektórych krajach substancja ta jest nadal dostępna do celów leczniczych. Stosuje się ją wyłącznie w sytuacjach, gdy leki pierwszego rzutu są niewystarczająco skuteczne lub przeciwwskazane z powodu działań niepożądanych. Ze względu na fakt, że właściwości fizykochemiczne związku, do których należy lipofilowość są istotne w poszukiwaniu nowych substancji leczniczych o efektywniejszym działaniu terapeutycznym, w tym hipoglikemizującym jak buformina, jak również bezpieczniejszych w stosowaniu; celem powyżej pracy było zastosowanie metody chromatografii cienkowarstwowej (TLC) do wyznaczenia eksperymentalnej wartości parametru lipofilowości buforminy, która nie jest wystarczająco opisana w dostępnych źródłach. Uzyskany metodą TLC chromatograficzny parametr lipofilowości buforminy (RMW(B)) porównano z wartościami współczynnika podziału tego związku w postaci logP wyznaczonymi z wykorzystaniem algorytmów obliczeniowych [1,2]. Rezultaty tych badań mogą być w przyszłości cenne w projektowaniu nowych pochodnych buforminy.

Podziękowania: Badania zostały wykonane w ramach projektu BNP-1-004/N/5/F finansowanego przez Śląski Uniwersytet Medyczny (SUM) w Katowicach.

1 DrugBank <https://go.drugbank.com/drugs/DB04830> (dostęp 5.02.2026).

2 SwissAdme <https://www.swissadme.ch/> (dostęp 5.02.2026).

## **Analiza jakościowa i ilościowa esomeprazolu metodą TLC w połączeniu z densytometrią**

Aleksandra Woźniak(1), Małgorzata Dołowy(2)

*(1) Koło Naukowe STN ŚUM w Katowicach działające przy Zakładzie Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych ŚUM w Sosnowcu*

*(2) Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych ŚUM, Sosnowiec*

Esomeprazol to substancja, która należy do grupy stosunkowo nowych przedstawicieli inhibitorów pompy protonowej (IPP). Leki z tej grupy są powszechnie stosowane na całym świecie w leczeniu chorób związanych z nadmiernym wydzielaniem kwasu solnego w żołądku. W praktyce klinicznej inhibitory pompy protonowej wykorzystywane są również w profilaktyce powikłań ze strony przewodu pokarmowego, zwłaszcza u pacjentów przyjmujących inne leki mogące uszkadzać błonę śluzową żołądka [1]. Duża dostępność przedstawicieli omawianej grupy leków, w tym esomeprazolu w postaci soli sodowej lub odpowiednio magnezowej oraz popularność ich stosowania w lecznictwie, uzasadnia potrzebę opracowania skutecznych metod kontroli jakości preparatów esomeprazolu. Celem powyższej pracy było opracowanie nowych warunków chromatograficznych, umożliwiających analizę jakościową oraz ilościowe oznaczanie esomeprazolu w postaci soli magnezowej. W toku prowadzonych badań przetestowano różne fazy ruchome oraz płytki do chromatografii cienkowarstwowej w normalnym i odwróconym układzie faz. Spośród różnych układów chromatograficznych, najbardziej efektywne zarówno do identyfikacji, jak również oznaczania zawartości esomeprazolu metodą TLC z densytometrią w postaci soli magnezowej okazały się płytki RP2F254, RP8F254 i RP18F254 oraz fazy ruchome złożone z takich rozpuszczalników jak etanol+woda (35:15, v/v), acetonitryl+woda (36:14, v/v) i aceton+woda (36:14, v/v). Opracowana metoda może być pomocna do kontroli jakości badanego związku stosowanego w postaci soli magnezowej.

Podziękowania: Badania zostały wykonane w ramach projektu BNP-1-004/N/5/F finansowanego przez Śląski Uniwersytet Medyczny (ŚUM) w Katowicach.

1 W. Janiec, Kompendium farmakologii, PZWL, 2021.

## **Właściwości reologiczne i tekstury hybrydowych hydrożeli polimerowych jako nośników insuliny do aplikacji na skórę**

Julia Kotas, Barbara Dolińska, Aneta Ostróżka-Cieślik

*Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Naturalne polimery, takie jak alginian sodu, są powszechnie stosowane w projektowaniu hydrożelowych nośników substancji czynnych ze względu na ich biogodność i biodegradowalność. Pozwalają one na bezpieczne inkorporowanie substancji podatnych na degradację proteolityczną, w tym insuliny. Jednak hydrożele oparte wyłącznie na alginianie sodu często wykazują zbyt słabe właściwości mechaniczne. Połączenie go z Carbopolem lub pochodnymi celulozy pozwala na wzmocnienie struktury matrycy, co jest kluczowe dla stabilizacji insuliny i zapewnienia jej przedłużonego uwalniania. Tak zaprojektowane, hybrydowe matryce hydrożelowe nie tylko optymalizują parametry aplikacyjne leku, ale również wpisują się w aktualne trendy zielonej farmacji (Green Pharmacy) poprzez wykorzystanie biodegradowalnych komponentów i ograniczenie energochłonności procesu technologicznego. Celem pracy było opracowanie hybrydowych formułacji hydrożelowych przeznaczonych do aplikacji na skórę jako systemów dostarczania insuliny, bazujących na Carbopolu Ultrez 10 (C10), alginianie sodu (SA) oraz hydroksyetylocelulozie (HEC). Badania właściwości reologicznych przeprowadzono z wykorzystaniem reometru rotacyjnego RM 200 w układzie płytko-płytko, zintegrowanego z wrzecionem pomiarowym CP-2445. Charakterystykę tekstury opracowanych matryc określono przy użyciu analizatora TX-700, stosując sensor o średnicy 8 mm i wykonując test podwójnej kompresji. Analiza krzywych płynięcia i lepkości wskazuje na nienewtonowski charakter hydrożeli, z cechami rozrzedzenia ścinaniem oraz tiksotropii. Obecność pętli histerezy potwierdza zdolność systemów do odbudowy strukturalnej w spoczynku. Analiza profilu tekstury (TPA) potwierdza odpowiednią adhezyjność i spójność preparatów. Zarówno w układzie SA-C10, jak i HEC-C10, zaobserwowano korzystną modyfikację parametrów mechanicznych matrycy hydrożelowej.

Projekt badawczy finansowany był przez Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, nr BNW-1-064/K/5/F.

1 A. Ostróżka-Cieślik, *Polymers* 14 (2022) 3307.

## **Matryce biopolimerowe jako ekologiczna alternatywa dla syntetycznych nośników leków**

Aneta Ostróżka-Cieślik

*Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Jednym z kluczowych kierunków rozwoju technologii postaci leku, wpisującym się w nurt tzw. Green Pharmacy, jest redukcja emisji niebiodegradowalnych polimerów syntetycznych. Substancje te, stosowane jako nośniki w systemach dostarczania leków (DDS) oraz elementy opakowań, wykazują wysoką odporność na naturalną degradację, co prowadzi do ich bioakumulacji w ekosystemach. Realizacja założeń „zielonej farmacji” wymaga zatem zintegrowanych działań badawczych skupionych na dwóch komplementarnych obszarach, z których pierwszym jest optymalizacja kinetyki uwalniania. W tym zakresie kluczowym aspektem staje się weryfikacja uwalniania substancji czynnej (API) z nowych matryc biopolimerowych, co ma na celu zapewnienie odpowiedniego profilu farmakokinetycznego, co najmniej równoważnego z dotychczas stosowanymi odpowiednikami syntetycznymi. Równoległe do tych działań konieczne jest wdrożenie monitoringu środowiskowego, opartego na czułych technikach chromatograficznych i spektroskopowych. Pozwolą one na śledzenie losów nowych matryc w środowisku oraz precyzyjne określenie szybkości ich rozkładu, co w konsekwencji sprawia, że zastąpienie syntetycznych polimerów funkcyjnych bezpiecznymi biopolimerami staje się realnym krokiem w stronę ograniczenia wpływu farmakoterapii na środowisko. Wstępne analizy wskazują, że nowoczesne matryce biopolimerowe spełniają rygorystyczne kryteria terapeutyczne, wykazując jednocześnie pełną biodegradowalność w środowisku, a przede wszystkim eliminują problem długotrwałej akumulacji ksenobiotyków w ekosystemach, co czyni je fundamentem zrównoważonego rozwoju technologii postaci leku.

## Oddziaływania ketoprofenu z albuminą surowicy ludzkiej w modelu *in vitro* różnych stanów klinicznych

Agnieszka Szkudlarek

*Katedra i Zakład Farmacji Fizycznej, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Albumina surowicy ludzkiej (HSA) stanowi główne białko transportowe, które odgrywa istotną rolę w farmakokinetyce substancji leczniczych poprzez regulację ich dystrybucji, biodostępności oraz frakcji farmakologicznie czynnej. Stopień związania leku z HSA determinuje równowagę pomiędzy frakcją wolną a związaną, wpływając tym samym na skuteczność terapeutyczną oraz profil farmakodynamiczny. Wykazano, że obecność kwasów tłuszczowych (KT) w strukturze HSA może istotnie modyfikować jej zdolność do wiązania ligandów egzogennych, szczególnie tych o wysokim powinowactwie do albuminy. KT mogą konkurować o miejsca wiązania w cząsteczce albuminy lub/i oddziaływać synergistycznie z innymi ligandami. W warunkach fizjologicznych HSA wiąże ograniczoną liczbę cząsteczek KT, natomiast w przebiegu stanów patologicznych, takich jak cukrzyca, przewlekły stan zapalny czy zaburzenia metaboliczne, stężenie KT może wzrosnąć nawet 10-krotnie [1]. Dodatkowo glikacja albuminy indukuje zmiany strukturalne oraz zaburza funkcję transportową makrocząsteczki, co w konsekwencji zmienia efektywność wiązania zarówno KT, jak i farmaceutyków. Celem pracy była ocena wpływu mieszanin kwasów tłuszczowych odzwierciedlających różne stany kliniczne *in vivo* na oddziaływania ketoprofenu (kwas (RS)-2-(3-benzoilofenylo)propanowy, KP), leku należącego do grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ), z glikowaną albuminą, której podwyższony poziom występuje u pacjentów z cukrzycą.

Badania przeprowadzone metodą wygaszania fluorescencji albuminy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków: (i) słabsze wygaszanie fluorescencji albuminy w kompleksie z kwasami tłuszczowymi (gHSA<sub>fizjo</sub>, gHSA<sub>4NS</sub>, gHSA<sub>4NNS</sub>) w porównaniu do albuminy odtłuszczonej ((af)gHSA) wskazuje na ograniczony transfer energii między KP a fluoroforami białka, związany ze zwiększonym dystansem między nimi; (ii) w porównaniu do kompleksu KP-(af)gHSA, kompleksy KP-gHSA<sub>fizjo</sub>, KP-gHSA<sub>4NS</sub> i KP-gHSA<sub>4NNS</sub> wykazują niższe wartości stałych asocjacji ( $K_a$ ) zarówno dla  $\lambda_{ex}$  275 nm, jak i  $\lambda_{ex}$  295 nm. Obecność kwasów tłuszczowych indukuje zmiany konformacyjne HSA, które utrudniają interakcje KP z rejonami zawierającymi reszty tyrozylowe (Tyrs, subdomena IB, IIA, IIB i IIIA) i resztę tryptofanową (Trp-214, subdomena IIA).

Uzyskane dane wskazują, że charakter oddziaływań KP z albuminą powinien być analizowany nie tylko w kontekście jej modyfikacji strukturalnych wywołanych glikacją, lecz również z uwzględnieniem podwyższonego stężenia wolnych KT, charakterystycznego dla zaburzeń metabolicznych, w tym cukrzycy oraz zespołu metabolicznego.

Praca zrealizowana w ramach umowy: BNP-1-049/N/4/F.

1 A. Szkudlarek, J. Pożycka, K. Kulig, A. Owczarzy, W. Rogóż, M. Maciążek-Jurczyk, *Molecules* 27 (2022) 401.

## **Bocznik ostrygowaty jako źródło lotnych związków o działaniu nicieniobójczym**

Filip Hałdys(1), Katarzyna Pokajewicz(2), Ewa Moliszewska(1)

(1) *Katedra Mikrobiologii i Mykologii, Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytet Opolski*

(2) *Katedra Chemii Analitycznej, Instytut Chemii, Uniwersytet Opolski*

Nicienie pasożytujące na roślinach są szkodnikami, wywołującymi znaczne straty w rolnictwie. Ich zwalczanie jest wyjątkowo trudne z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych preparatów nicieniobójczych. Dlatego istotne jest prowadzenie badań nad alternatywnymi sposobami walki z tymi szkodnikami, w tym metodami biologicznymi.

Duży potencjał do wykorzystania w kontroli populacji nicieni pasożytniczych wykazuje bocznik ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus*). Jest to popularny grzyb saprotroficzny, zwykle hodowany w celach kulinarnych, który posiada zdolność do polowania na nicienie. Jego strzępki są zdolne do wywołania paraliżu nicieni za pomocą ośmiowęglowych związków obecnych w obłonionych strukturach, zwanych toksocystami. Skład chemiczny zawartości toksocyst nie został jeszcze dokładnie poznany, choć wcześniejsze badania wskazują na znaczącą rolę 3-oktanonu [1]. Warunkiem skutecznego wykorzystania *P. ostreatus* w rolnictwie jest dokładne poznanie jego nicieniobójczych składników oraz mechanizmów ich działania.

W celu poznania składu związków lotnych, produkowanych przez grzybnię *P. ostreatus*, wykorzystano mikroekstrakcję do fazy stacjonarnej z fazy nadpowierzchniowej oraz chromatografię gazową z detektorem mas (HS-SPME-GC-MS). Badano skład związków lotnych produkowanych przez grzybnię, rosnącą na agarze glukozowo-ziemniaczanym (PDA), na różnych etapach hodowli. Do dekonwolucji chromatogramów, identyfikacji analitów i analizy statystycznej wykorzystano oprogramowanie PARADISE 6.0.1, AMDIS i MSSearch v.2.3 oraz Metaboanalyst.

W wyniku niecelowanej analizy HS-SPME-GC-MS wykrytych zostało łącznie 101 związków lotnych uwolnionych z próbek hodowli *P. ostreatus*. Określono także zmiany ich ilości w czasie wzrostu grzybni na medium PDA. Ustalono, że po 4 dniach wzrostu dominującym związkiem lotnym uwolnionym z grzybni *P. ostreatus* jest 1-okten-3-ol. Od 7. dnia wzrostu większość frakcji lotnej stanowił 3-oktanon. Największe jego ilości zostały wykryte po 10 dniach hodowli. We frakcji lotnej stwierdzono także obecność innych ośmiowęglowych związków lotnych, takich jak 1-okten i 3-oktanol, choć występowały one w mniejszych ilościach. Wykryte zostały także inne związki z grup n-alkanów, alkoholi oraz związki halogenowane. Związki z grupy aldehydów oraz niektóre alkohole, prawdopodobnie pochodziły z medium PDA lub powstały w wyniku ogrzewania próbek podczas ekstrakcji i analizy. Uzyskane w wyniku powyższych badań informacje pogłębiają wiedzę na temat składu frakcji lotnej *P. ostreatus* oraz potencjału zastosowania go jako biologicznego środka zwalczania nicieni.

Badania zrealizowano w ramach projektu finansowanego przez MRiRW „Wpływ parametrów środowiskowych oraz zmienność biologiczna *Pleurotus ostreatus* w zakresie działania nicieniobójczego na *Heterodera schachtii*”.

1 C.-H. Lee, Y.-Y. Lee, Y.-C. Chang, W.-L. Pon, S.-P. Lee, N. Wali, T. Nakazawa, Y. Honda, J.-J. Shie, Y.-P. Hsueh, *Sci. Adv.* 3 (2023) 4809.

## Opracowanie metod oznaczania śladowych zawartości renu w materiałach technologicznych o zróżnicowanej matrycy

Magdalena Knapik, Jadwiga Charasińska, Sylwia Kozłowicz, Henryka Matusiak, Łucja Buzek

*Centrum Chemii Analitycznej, Sieć Badawcza Łukasiewicza - Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach*

Ren jest jednym z najrzadziej występujących pierwiastków w skorupie ziemskiej. Został odkryty w 1925 r. przez niemieckich naukowców W. Noddacka, I. Tacke Noddack oraz O. Berga, w rudach platyny, kolumbicie, gadolinicie i molibdenicie. W warunkach przemysłowych Re otrzymuje się jako produkt uboczny przeróbki rud molibdenu i miedzi. Podczas prażenia koncentratów utlenia się do lotnego tlenku, który przechodzi do gazów procesowych i następnie jest wychwytywany w instalacjach oczyszczania, tworząc roztwory kwasu renowego. Istotnym źródłem renu są również kwaśne ścieki produkcyjne oraz eluaty powstające w procesach oczyszczania gazów i roztworów. Podstawowym półproduktem w produkcji proszków Re, o wysokiej czystości jest renian(VII) amonu. Ren znajduje zastosowanie przede wszystkim jako dodatek stopowy do nadstopów Ni, W i Mo, wykorzystywanych w przemyśle lotniczym, zwłaszcza do produkcji łopatek turbin silników odrzutowych. Kolejnym istotnym obszarem wykorzystania Re są katalizatory Pt-Re stosowane w procesach reformingu ropy naftowej. Re stosowany jest również w elektronice i elektrotechnice, m.in. do produkcji elementów grzejnych, termopar oraz aparatury pomiarowej [1].

Badaniami objęto pyły zwrotne, pyły z pieca elektrycznego i koncentraty miedzi. W krajowych koncentratkach miedzi zawartość Re waha się w granicach (5 - 20) mg/kg. W procesach hutniczych pierwiastek ten, ze względu na tworzenie lotnych związków, koncentruje się w fazach gazowych i pyłowych. W trakcie przetopu koncentratów miedzi znacząca część renu przechodzi do pyłów zwrotnych, które cyrkulując w układzie technologicznym, ulegają wzbogaceniu w ten pierwiastek, do zawartości 0,0X %. Poprawne oznaczenie zawartości Re ma znaczący wpływ na analizę jego odzysku na poszczególnych etapach technologii. Do analizy badanych materiałów, techniką ICP-OES zastosowano 3 sposoby przygotowania próbek: stapianie z  $\text{Na}_2\text{O}_2$  i NaOH i ekstrakcję chloroformem, spiekanie z  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i ZnO oraz roztwarzanie mikrofalowe. Spośród badanych metod najkorzystniejsze rezultaty uzyskano dla spiekania próbek z mieszaniną  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i ZnO. Metoda ta zapewniała wysoką powtarzalność otrzymanych wyników. Dokładność opracowanej procedury zweryfikowano poprzez porównanie wyników z metodami: ICP-MS oraz UV-VIS. Uzyskano zadowalającą zgodność wyników w całym analizowanym zakresie stężeń. Granica oznaczalności dla Re metodą ICP-OES, w zależności od matrycy i sposobu przygotowania próbki, mieściła się na poziomie śladowym, co umożliwia analizę materiałów o bardzo niskiej zawartości tego pierwiastka. W opracowanej metodzie nie zaobserwowano istotnych interferencji matrycowych, co potwierdza jej przydatność do analizy szerokiego spektrum materiałów pochodzących z różnych etapów metalurgicznego przetopu koncentratów miedzi.

1 K. Bańkowski, Poradnik fizykochemiczny, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1974.

## **Regresyjna ocena stabilności długoterminowej jako narzędzie prognozowania okresu ważności proszkowych materiałów odniesienia**

Piotr Knapik, Aleksandra Latacz

*Sieć Badawcza Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny*

Zapewnienie stabilności składu chemicznego jest jednym z kluczowych warunków stosowania materiałów odniesienia w kontroli jakości i walidacji metod analitycznych. W przypadku proszkowych materiałów odniesienia zagadnienie to ma szczególne znaczenie ze względu na dużą powierzchnię właściwą cząstek, podatność na procesy utleniania oraz możliwość zmian właściwości materiału podczas długotrwałego przechowywania. Celem pracy było opracowanie podejścia do prognozowania okresu ważności proszkowych materiałów odniesienia na podstawie wyników oceny stabilności długoterminowej [1].

Stabilność badanych materiałów oceniano z wykorzystaniem modelu regresji liniowej, opisującego zależność zawartości oznaczanych pierwiastków od czasu przechowywania. Istotność potencjalnych trendów weryfikowano na podstawie statystyki t-Studenta i odpowiadających jej wartości p dla poziomu ufności 95%. W przypadku braku statystycznie istotnego trendu okres ważności wyznaczano konserwatywnie jako czas, w którym granice 95% przedziału ufności dla wartości prognozowanej przecinały zakres wartości certyfikowanej. Takie podejście umożliwiło uwzględnienie zarówno niepewności modelu regresji, jak i metrologicznie dopuszczalnego zakresu zmienności materiału.

Przeprowadzona analiza nie wykazała statystycznie istotnych trendów zmian zawartości badanych pierwiastków w czasie. Dodatkowo monitorowano zawartość tlenu jako wskaźnik potencjalnej degradacji powierzchniowej proszków metalicznych, mimo że parametr ten nie był formalnie objęty certyfikacją. Zaproponowana procedura stanowi użyteczne narzędzie do oceny trwałości proszkowych materiałów odniesienia i wspiera metrologicznie uzasadnione wyznaczanie ich okresu ważności zgodnie z podejściem normatywnym ISO 33405:2024 [2].

1 P. Knapik, A. Latacz, M. Kubecki, P. Konieczka, *Microchem. J.* 218 (2025) 115213.

2 ISO 33405:2024, Reference materials - Approaches for characterization and assessment of homogeneity and stability, ISO, Genewa, 2024.

## **Od proszku do wzorca - etapy opracowania certyfikowanych materiałów odniesienia stopów glinu i tytanu do druku 3D**

Aleksandra Latacz, Piotr Knapik

*Sieć Badawcza Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny w Gliwicach*

Dynamiczny rozwój technologii przyrostowych, zwłaszcza w przemyśle lotniczym oraz zaawansowanych aplikacjach inżynierskich, narzuca konieczność zapewnienia kontroli jakości metalicznych proszków stosowanych jako materiały wsadowe [1]. Skład chemiczny stopów glinu i tytanu stosowanych w druku 3D ma kluczowe znaczenie dla stabilności procesu wytwarzania oraz właściwości finalnych komponentów. Jednym z podstawowych narzędzi zapewniających miarodajność wyników analitycznych są certyfikowane materiały odniesienia (CRM). Problemem pozostaje jednak ograniczona dostępność wzorców w postaci metalicznych proszków odpowiadających rzeczywistym materiałom wsadowym.

W ramach przeprowadzonych badań przedstawiono etapy opracowania proszkowych materiałów odniesienia stopów glinu (Al F357) i tytanu (Ti6Al4V Grade 23), przeznaczonych do zastosowań w kontroli jakości procesów druku 3D, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 17034 [2]. Zakres prac obejmował rozdzobowanie materiałów do opakowań jednostkowych, badania jednorodności i stabilności oraz organizację badań międzylaboratoryjnych. Wymienione działania stanowiły integralne elementy procesu umożliwiającego ocenę oraz kwalifikację materiałów do dalszej certyfikacji [3].

Przedstawiona metodyka stanowi podstawę do opracowania proszkowych certyfikowanych materiałów odniesienia składu chemicznego, odpowiadających rzeczywistym materiałom stosowanym w technologiach przyrostowych. Realizacja projektu przyczynia się do wypełnienia luki rynkowej w zakresie wzorców proszkowych oraz stanowi istotne wsparcie dla laboratoriów analitycznych i przemysłu lotniczego w obszarze kontroli jakości materiałów do druku 3D.

1 M. Bodnar, K. Dubalska, M. Rutkowska, P. Konieczka, J. Namieśnik, *Analityka: nauka i praktyka* 3 (2013) 33-39.

2 ISO 17034:2016 - General requirements for the competence of reference material producers, ISO International, 2016.

3 P. Knapik, A. Latacz, M. Kubecki, P. Konieczka, *Microchem. J.* 218 (2025) 115213.

## Preparatyka próbek żużli wielkopieczowych jako kluczowy etap kontroli składu chemicznego z wykorzystaniem techniki WD XRF

Aleksandra Zassowska, Alicja Ryczko, Szymon Frączek

*Grupa Badawcza: Chemia Analityczna, Sieć Badawcza Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny, Gliwice*

Żużle wielkopieczowe stanowią produkt uboczny procesu wytopienia rud żelaza w wielkim piecu. Charakteryzują się one zmiennością składu chemicznego i właściwościami fizycznymi, wynikającą z rodzaju stosowanego wsadu oraz parametrów prowadzenia procesu technologicznego [1]. Kontrola składu żużla odgrywa kluczową rolę zarówno w monitorowaniu prawidłowego przebiegu wytopu [2], jak i w ocenie przydatności materiału do ponownego wykorzystania, zwłaszcza w budownictwie drogowym oraz produkcji materiałów wiążących [3].

W celu efektywnej kontroli zawartości poszczególnych składników niezbędne jest opracowanie metodyki badawczej pozwalającej na uzyskanie precyzyjnych wyników w krótkim czasie. Aspekt ten jest szczególnie istotny w procesie produkcji certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), gdzie badania jednorodności wymagają analizy dużej serii próbek przy zachowaniu najwyższej dokładności.

W pracy przedstawiono metodykę przygotowania próbek żużli wielkopieczowych w formie stapianych pereł z zastosowaniem automatycznej stapiarki. Omówiono optymalizację doboru proporcji topnika boranowego ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7/\text{LiBO}_2$ ) oraz utleniacza ( $\text{LiNO}_3$ ), umożliwiających otrzymanie stabilnych i jednorodnych pereł. Opracowana procedura pozwala na oznaczenie szerokiego składu chemicznego badanych materiałów ( $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ). W celu uniknięcia strat siarki podczas przygotowania próbek, parametry stapiania dostosowano tak, aby umożliwić jej ilościowe oznaczenie w ramach jednej analizy. Dokładność uzyskiwanych wyników dla tego pierwiastka zweryfikowano poprzez porównanie otrzymanych wyników z niezależną metodą chemiczną - miareczkowaniem kulometrycznym. Uzyskana wysoka zgodność wyników oraz zadowalające parametry precyzji (powtarzalność i odtwarzalność) potwierdzają przydatność techniki stapiania oraz analizy WD XRF jako efektywnej kontroli procesów metalurgicznych.

1 L. Lu, M. Ward, A. McLean, ISIJ International 43 (2003) 1940-1946.

2 I. Jonczy, L. Lata, Górnictwo i Geologia 8 (2013), Zeszyt 4.

3 K. Sisomphon, Constr. Build. Mater. 23 (2009) 54-61.

## **Technika ekstrakcji wysokotemperaturowej jako narzędzie oznaczania tlenu, azotu i wodoru w tytanie i jego stopach**

Michał Kubecki, Edyta Klima

*Grupa Badawcza: Chemia Analityczna, Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny*

Chemia analityczna odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu jakości materiałów inżynierskich. Do takich między innymi należą stopy tytanu stosowane m.in. w przemyśle lotniczym i medycznym. Obecność pierwiastków resztkowych, takich jak tlen, azot i wodór, istotnie wpływa na właściwości mechaniczne oraz użytkowe tych materiałów, dlatego ich precyzyjne oznaczenie stanowi istotny problem analityczny.

Celem pracy było opracowanie i walidacja metody oznaczania tlenu, azotu i wodoru w tytanie i jego stopach z wykorzystaniem techniki ekstrakcji wysokotemperaturowej. Metoda polega na stapianiu próbki w tyglu grafitowym w strumieniu czystego helu, co prowadzi do uwolnienia analizowanych gazów [1,2]. Oznaczenie tlenu i wodoru realizowano metodą pomiaru absorpcji promieniowania podczerwonego, natomiast azotu - metodą pomiaru przewodnictwa cieplnego. Badania przeprowadzono z użyciem automatycznego analizatora LECO w oparciu o certyfikowane materiały odniesienia.

Zakres prac obejmował dobór i optymalizację kluczowych parametrów metody, takich jak temperatura ekstrakcji, masa próbki i topnika, czas analizy oraz parametry integracji sygnału. Wykazano, że całkowita ekstrakcja gazów wymaga zastosowania temperatury rzędu 2700°C oraz odpowiednio dobranego zakresu masy próbki (0,04-0,05 g). Istotnym elementem było także zastosowanie kąpieli niklowej umożliwiającej pełne stopienie próbki i uzyskanie reprezentatywnego sygnału analitycznego.

Opracowano program analityczny, który pozwolił na uzyskanie liniowych zależności kalibracyjnych w szerokich zakresach stężeń badanych pierwiastków. Walidacja metody wykazała dobrą zgodność wyników z wartościami certyfikowanymi oraz zadowalającą precyzję i powtarzalność oznaczeń. Wyznaczono również parametry metrologiczne, w tym niepewność pomiaru oraz dopuszczalne różnice między oznaczeniami równoległymi.

Przedstawione wyniki potwierdzają, że opracowana metodyka stanowi wiarygodne narzędzie analityczne do kontroli zawartości gazów w tytanie i jego stopach. Może ona znaleźć zastosowanie zarówno w badaniach naukowych, jak i w rutynowej analizie jakościowej materiałów, przyczyniając się do zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności ich zastosowań.

1 ASTM E1409-13. Standard Test Method for Determination of Oxygen and Nitrogen in Titanium.

2 ASTM E1447-09. Determination of Hydrogen in Titanium and Titanium Alloys.

## Opracowanie i wytwarzanie nowych wzorców wewnętrznych stopów AlNiCo na potrzeby kontroli materiałów ferromagnetycznych

Szymon Frączek, Piotr Knapik, Alicja Ryczko

*Grupa Badawcza: Chemia Analityczna, Sieć Badawcza Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny*

Spektrometryczne techniki stosowane do ilościowego oznaczania zawartości pierwiastków wymagają kalibracji w oparciu o wzorce składu chemicznego. Najczęściej są to certyfikowane materiały odniesienia, czyli materiały, dla których określono zawartości poszczególnych pierwiastków wraz z przypisanymi niepewnościami na określonym poziomie ufności [1]. Istnieją jednak takie grupy materiałów, dla których dostępność materiałów odniesienia jest ograniczona lub nie ma ich wcale. Brak wzorców składu chemicznego uniemożliwia wiarygodną weryfikację poprawności oznaczeń, ze względu na występujące wpływy międzypierwiastkowe oraz interferencje spektralne.

Do tej grupy należą stopy typu AlNiCo - stopy żelaza zawierające trzy główne składniki stopowe: glin, nikiel oraz kobalt. Stopy AlNiCo stanowią grupę materiałów ferromagnetycznych wyróżniających się wysoką trwałością własności magnetycznych oraz stabilnością parametrów w szerokim zakresie temperatur [2]. Dzięki swoim właściwościom znajdują zastosowanie m.in. w silnikach elektrycznych, głośnikach akustycznych, mikrofonach oraz w przemyśle wojskowym i kosmicznym.

Szeroki zakres zawartości pierwiastków stopowych oraz brak dostępności wzorców litych, wynikający z silnie krystalicznej struktury, znacznie utrudnia przeprowadzenie rzetelnych oznaczeń składu chemicznego. Dotyczy to zarówno metody emisyjnej spektrometrii optycznej ze wzbudzeniem iskrowym oraz metody fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej z dyspersją fali.

W związku z powyższym konieczne było wytworzenie zestawu wzorców wewnętrznych stopów AlNiCo. Proces ten obejmował kilka kluczowych etapów, począwszy od zaplanowania wytopów, poprzez badania wytworzonych materiałów z wykorzystaniem dostępnych technik analitycznych, aż po interpretację uzyskanych wyników oraz wdrożenie wzorców do rutynowego użytku laboratoryjnego.

1 ISO Guide 30:2015

2 B.D. Cullity, C.D. Graham, str. 485, Introduction to Magnetic Materials, Wiley, 2008.

## **Analiza profilu lotnych związków organicznych w ekstrakcie z kaskary z zastosowaniem techniki SPME-GC/MS**

Paulina Zogornik(1), Ewa Nowakowska-Bogdan(1), Ewa Dresler(1), Marta Michalec-Minch(1), Natalia Stanek-Wandzel(1), Renata Kulesza(1), Krzysztof Szkutnik(2), Łukasz Biłós(3)

(1)Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, ul. Energetyków 9, 47-225 Kędzierzyn-Koźle

(2)Politechnika Opolska, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, Katedra Biosystemów Zdrowia i Jakości Żywności, ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole, l.bilos@po.edu.pl

(3)Hard Beans Sp. zo.o, Armii Krajowej 35, 45-071, Opole, k.szkutnik@hardbeans.com

W wyniku obróbki owoców kawowca powstają znaczne ilości odpadów, obejmujących skórkę i miąższ owocu, które określa się mianem kaskary. Zazwyczaj jest ona utylizowana, jednak jej niewłaściwe zagospodarowanie może mieć negatywny wpływ na środowisko [1]. Jednocześnie kaskara posiada wciąż niewykorzystany potencjał wynikający z jej unikalnych właściwości sensorycznych i prozdrowotnych, a także możliwości ponownego wykorzystania [1,2]. Ekstrakt pozyskiwany z środkowej i zewnętrznej części owocu kawowca charakteryzuje się profilem smakowym łączącym słodczy, kwaskowatość i owocowe nuty, co czyni go atrakcyjnym produktem dla konsumentów napojów kawowych [2]. W związku z tym, badania produktów na bazie kaskary mają kluczowe znaczenie zarówno dla promowania rozwiązań przyjaznych środowisku, jak i odpowiedzi na stale rosnący popyt na produkty zdrowe i ekologiczne [2].

Celem niniejszych badań było określenie profilu lotnych związków organicznych (LZO) w ekstrakcie z kaskary, z wykorzystaniem techniki mikroekstrakcji do fazy stałej (SPME) oraz chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC/MS). Lotne związki z wodnych ekstraktów kaskary adsorbowano na włóknach SPME, a następnie desorbowano bezpośrednio w dozowniku chromatografu gazowego. Identyfikację związków wykrytych w próbkach przeprowadzono w oparciu o porównanie ich widm masowych z widmami wzorcowymi z biblioteki NIST MS Search 2.0.

W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano ponad 80 lotnych związków należących do różnych grup związków organicznych obejmujących m.in. aldehydy, estry, ketony, pochodne pirolu i piranonu, czy terpenoidy. Uzyskany profil LZO wskazuje na wysoką złożoność badanej matrycy oraz obecność związków z klas charakterystycznych dla surowców pochodzenia roślinnego. Większość zidentyfikowanych substancji odgrywa istotną rolę w kształtowaniu właściwości sensorycznych ekstraktu, a w szczególności jego profilu aromatycznego.

Podziękowania: Praca została zrealizowana w ramach projektu pt. "Opracowanie prozdrowotnego napoju RTD typu Cold Brew o potwierdzonych właściwościach przeciwutleniających" (FENG.01.01-IP.01-A0B1/24), finansowanego z Funduszy Europejskich dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG), w ramach ścieżki SMART dla konsorcjów.

1 J. DePaula, S.C. Cunha, A. Cruz, A.L. Sales, I. Revi, J. Fernandes, I.M.P.L.V.O. Ferreira, M.A.L. Miguel, A. Farah, *Foods* 19 (2022) 3144.

2 N.A. Wibowo, Y.P. Wanita, E. Novitasari, A.F. Amri, E.H. Purwanto, Y. Yulianti, F.S. Aurum, *Int. J. Food Sci. Technol.* 59 (2024) 8082-8092.

## Walidacja metody analitycznej do ilościowego oznaczania flonicamidu w formulacjach środków ochrony roślin

Maja Konobrodzka(1), Hanna Barchańska(2)

(1) Sieć Badawcza Łukasiewicz, Instytut Chemii Surowców Odnawialnych w Kędzierzynie-Koźlu

(2) Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska w Gliwicach

Fundamentem współczesnego rolnictwa są środki ochrony roślin. Ich zastosowanie pozwala ograniczyć ryzyko strat plonów, które są wywołane agrofagami. Używanie pestycydów przyczynia się do zwiększenia wydajności uprawnej oraz zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Ich skuteczność działania jest zależna od stabilności substancji czynnych zawartych w formulacjach handlowych. Z tego powodu, wyjątkowo znaczące jest prowadzenie wiarygodnych analiz chemicznych. Dzięki nim, możliwa jest rzetelna kontrola składu jakościowego i ilościowego związków wchodzących w skład preparatu. Badania te, pozwalają monitorować trwałość formulacji na różnych etapach produkcji oraz jej przechowywania.

Flonicamid, będący nowoczesnym insektycydem o działaniu systemicznym, wymaga precyzyjnych metod analitycznych do monitorowania jego zawartości w produktach handlowych. Ze względu na brak oficjalnie zwalidowanej metody CIPAC dla flonicamidu w postaci granulatu do sporządzania zawiesiny wodnej (WG), konieczne stało się opracowanie i zwalidowanie autorskiej procedury badawczej.

Analizy substancji aktywnych są skomplikowane ze względu na złożoność matrycy. Oprócz składników czynnych, występują w niej substancje pomocnicze, takie jak stabilizatory, emulgatory czy rozpuszczalniki. Czynniki te, mogą wpływać na przebieg analizy, komplikując identyfikację i oznaczenie związków.

Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją spektrofotometryczną (UV). Dokonano optymalizacji warunków chromatograficznych (skład fazy ruchomej, przepływ, rodzaj kolumny i jej temperatura, długość fali światła detekcji). Oceniono parametry walidacyjne: liniowość krzywej kalibracyjnej, precyzję, dokładność, selektywność, granicę wykrywalności oraz oznaczalności. Proces walidacji przeprowadzono zgodnie z wytycznymi SANCO oraz dokumentem CIPAC No 3807.

Analiza wykazała, iż opracowana metoda charakteryzuje się doskonałą liniowością w zakresie 70-130% stężenia nominalnego (434-807 mg/l), o czym świadczy współczynnik korelacji Pearsona  $r = 0,9999$ . Wyznaczona precyzja mierzona względnym odchyleniem standardowym wyniosła  $RSD = 0,17\%$ , co przy wartości współczynnika Horrat'a równej 0,11 potwierdziło wysoką spójność wyników. Średni odzysk analitu z matrycy na trzech poziomach wzbogacenia mieścił się w przedziale 98,8% - 99,2%, co dowodzi wysokiej dokładności metody. Badania czystości pików potwierdziły specyficzność metody - interferencje ze strony matrycy nie przekroczyły 0,03%.

Opracowana metoda analityczna spełnia wszystkie rygorystyczne kryteria akceptacji dla analiz pestycydowych. Jest ona precyzyjna i dokładna, co czyni ją skutecznym narzędziem do rutynowej kontroli jakości formulacji flonicamidu typu WG przed ich wprowadzeniem na rynek europejski.

1 D. Ayodhya, Rev. Mater. Res. 1 (2025) 100130.

2 SANCO/3030/99 rev.5, 22 March 2019 "Technical Active Substance and Plant protection products: Guidance for generating and reporting methods of analysis in support of pre- and post-registration data requirements for Annex (Section 4) of Regulation (EU) No 283/2013 and Annex (Section 5) of Regulation (EU) No 284/2013." EUROPEAN COMMISSION, Directorate General Health and Consumer Protection.

## **Analiza związków bioaktywnych oraz właściwości antyoksydacyjnych ekstraktu kaskary z wykorzystaniem technik HPLC-DAD, HPLC-RI oraz spektrofotometrii UV-VIS**

Natalia Stanek-Wandzel(1), Magdalena Zarębska(1), Katarzyna Malorna(1), Joanna Buczman(1),  
Renata Kulesza(1), Łukasz Biłos(2), Krzysztof Szkutnik(3)

(1) Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Chemii Surowców Odnawialnych w Kędzierzynie-Koźlu

(2) Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, Katedra Biosystemów Zdrowia i Jakości Żywności,  
Politechnika Opolska w Opolu

(3) Hard Beans Sp. zo.o w Opolu

Kaskara, czyli suszona skórka owocu kawowca (*Coffea* spp.), stanowi produkt uboczny przemysłu kawowego, który w ostatnich latach zyskuje rosnące zainteresowanie jako surowiec o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych [1]. Bogactwo związków bioaktywnych, w tym polifenoli, alkaloidów oraz cukrów, czyni kaskarę interesującym obiektem badań w kontekście jej aktywności antyoksydacyjnej oraz możliwości wykorzystania w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym [2,3]. W porównaniu do ziaren kawy, kaskara pozostaje stosunkowo słabo scharakteryzowana, co dodatkowo podkreśla potrzebę pogłębionych analiz chemicznych tego surowca.

Celem niniejszych badań było kompleksowe scharakteryzowanie składu chemicznego ekstraktu kaskary oraz ocena jego właściwości antyoksydacyjnych z wykorzystaniem technik chromatograficznych i spektrofotometrycznych.

Pierwszym etapem badań było opracowanie i walidacja metod analitycznych umożliwiających jakościową i ilościową ocenę wybranych składników ekstraktu kaskary. W tym celu zastosowano wysokosprawną chromatografię ciekłą z detekcją diodową (HPLC-DAD) do oznaczania zawartości kwasów chlorogenowych (5-CQA, 3-CQA, 3,4-diCQA, 3,5-diCQA), kwasu kawowego, kofeiny oraz trygoneliny. Dodatkowo wykorzystano chromatografię ciekłą z detektorem refraktometrycznym (HPLC-RI) do analizy profilu cukrów prostych, identyfikując ksylozę, fruktozę, glukozę oraz sacharozę. Uzupełnieniem badań chromatograficznych była ocena właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów z wykorzystaniem metod spektrofotometrycznych UV-VIS. Oznaczono całkowitą zawartość związków fenolowych (TPC) oraz zdolność neutralizacji wolnych rodników przy użyciu testów DPPH i ABTS.

Uzyskane wyniki wskazują, że badane ekstrakty kaskary charakteryzują się specyficznym profilem chemicznym, w którym istotną rolę odgrywają cukry proste, głównie fruktoza i glukoza, natomiast frakcja fenolowa jest zdominowana przez pochodne kwasów chlorogenowych. Jednocześnie profil alkaloidowy odzwierciedla przewagę trygoneliny nad kofeiną, co wskazuje na odmienny charakter chemiczny w porównaniu do ziaren kawy. W tym kontekście kaskara może być traktowana jako materiał o relatywnie wysokim udziale kwasów chlorogenowych przy jednocześnie obniżonej zawartości kofeiny, co odróżnia ją od standardowych ekstraktów z ziaren kawy i może mieć znaczenie w kontekście jej potencjalnego wykorzystania jako surowca funkcjonalnego.

Podziękowania: Praca została zrealizowana w ramach projektu pt. "Opracowanie prozdrowotnego napoju RTD typu Cold Brew o potwierdzonych właściwościach przeciwutleniających" (FENG.01.01-IP.01-A0B1/24), finansowanego z Funduszy Europejskich dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG), w ramach ścieżki SMART dla konsorcjów.

1 T. Chomphoossee, P. Seesuriyachan, W. Wattanutchariya, C. Tipbunjong, P. Therdtatha, C. techapun, C. Insomphun, N. Panti, C. Moukamnerd, LWT-Food Sci. Technol. 219 (2025) 117539.

2 A. Heeger, A. Kosińska-Cagnazzo, E. Cantergiani, W. Andlauer, Food Chem. 221 (2017) 969-975.

3 N.A. Wibowo, Y.P. Wanita, E. Novitasari, A.F. Amri, E.H. Purwanto, Y. Yulianti, F.S. Aurum, Int. J. Food Sci. Technol. 59 (2024) 8082-8092.

## **Problem bez granic - monitoring i usuwanie mikrozanieczyszczeń w środowisku wodnym**

Magdalena Zarębska(1), Katarzyna Malorna(1), Ewa Sabura(1), Ewa Dresler(1), Natalia Stanek-Wandzel(1)

*Grupa Badawcza Chemii Analitycznej, Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Chemii Surowców Odnawialnych w Kędzierzynie-Koźlu*

Mikrozanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne obecne w ściekach komunalnych stanowią jeden z aktualnych problemów chemii analitycznej i ochrony środowiska. Pomimo wysokiej skuteczności współczesnych oczyszczalni ścieków w usuwaniu zanieczyszczeń konwencjonalnych, wiele związków, takich jak farmaceutyki, substancje poli- i perfluoroalkilowe (PFAS), a także wybrane metale i metaloidy, nie jest efektywnie eliminowanych w standardowych procesach technologicznych. W konsekwencji związki te przedostają się do odbiorników wodnych, stanowiąc zagrożenie środowiskowe. Problem ten ma szczególne znaczenie na obszarach transgranicznych, gdzie rzeki i ciek wodne tworzą wspólne zlewnie, a transport zanieczyszczeń nie ogranicza się do granic administracyjnych państw.

W pracy przedstawiono założenia projektu „Ścieki bez granic - problem mikrozanieczyszczeń” realizowanego w ramach programu Interreg Czechy-Polska 2021-2027. Projekt obejmuje monitoring ścieków pochodzących z siedmiu oczyszczalni zlokalizowanych po obu stronach granicy polsko-czeskiej oraz ocenę skuteczności stosowanych technologii oczyszczania w odniesieniu do substancji objętych aktualnymi regulacjami środowiskowymi Unii Europejskiej.

Badania analityczne prowadzone są z wykorzystaniem nowoczesnych technik instrumentalnych, takich jak wysokosprawna chromatografia cieczowa sprzężona ze spektrometrią mas (HPLC-MS), spektrometria mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS) oraz emisyjna spektrometria atomowa z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-OES). Równolegle realizowane są badania nad opracowaniem i charakterystyką innowacyjnych materiałów adsorpcyjnych przeznaczonych do usuwania mikrozanieczyszczeń ze środowiska wodnego, obejmujące modyfikowane sorbenty węglowe, materiały grafenowe oraz aktywowane bentonity.

Istotnym elementem projektu są również działania edukacyjne i popularyzujące wiedzę dotyczące wpływu mikrozanieczyszczeń na środowisko oraz zwiększające świadomość ekologiczną społeczności lokalnych obszarów przygranicznych.

Projekt stanowi przykład zintegrowanego podejścia łączącego nowoczesną analitykę środowiskową, rozwój technologii ograniczania mikrozanieczyszczeń oraz działania wspierające ochronę transgranicznych zasobów wodnych.

Podziękowania: Praca została zrealizowana w ramach projektu „Ścieki bez granic-problem mikrozanieczyszczeń (nr CZ.11.01.02/00/23\_011/0000164) dofinansowano ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu Interreg Czechy-Polska 2021-2027.

Projekt finansowany był przez Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, nr BNP-1-064/K/5/F.

## Domowe systemy filtracyjne wobec problemu nowo pojawiających się zanieczyszczeń

Katarzyna Malorna(1), Magdalena Zarębska(1), Sylwia Bajkacz(2)

(1) Grupa Badawcza Chemii Analitycznej, Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Chemii Surowców Odnawialnych w Kędzierzynie-Koźlu

(2) Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska w Gliwicach

Obecność nowo pojawiających się zanieczyszczeń (ang. emerging contaminants, ECs) w wodzie przeznaczonej do spożycia stanowi istotne wyzwanie dla ochrony środowiska. Substancje te, mimo braku rutynowego monitoringu, niosą ze sobą ryzyko negatywnego wpływu na zdrowie publiczne oraz stan ekosystemów. Wzrost świadomości konsumentów oraz zastrzegające się regulacje dotyczące jakości wody pitnej przyczyniły się do rozwoju domowych systemów filtracyjnych, takich jak filtry dzbankowe i butelkowe. Ich skuteczność w eliminacji ECs t.j. pestycydy, farmaceutyki czy substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) jest ściśle uzależniona od właściwości fizykochemicznych zastosowanych sorbentów, które determinują zdolność do efektywnego wiązania i retencji tych zanieczyszczeń.

W ramach prowadzonych badań oceniono, w jaki sposób właściwości fizyczne złóż w popularnych filtrach domowych determinują skuteczność usuwania wybranych 12 farmaceutyków, 26 pestycydów i 4 PFAS. Analizie poddano pięć komercyjnych filtrów butelkowych oraz dwanaście filtrów dzbankowych o zróżnicowanej budowie pod względem składu, konstrukcji i wielkości. Charakterystykę fizyczną materiałów sorpcyjnych, obejmującą powierzchnię właściwą oraz objętość porów, przeprowadzono metodą niskotemperaturowej adsorpcji azotu, natomiast morfologię cząstek oceniono przy użyciu mikroskopii optycznej. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń monitorowano z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS).

Kombinacja węgla aktywnego (AC) i żywicy jonowymiennej stosowana w filtrach dzbankowych pozwoliła na usunięcie ponad 80% zanieczyszczeń w połowie badanych filtrów. Wynik ten był bezpośrednio skorelowany z wysoką powierzchnią właściwą oraz dużą objętością porów. Podobną wydajność wykazały 2 filtry butelkowe zbudowane z włókien AC. Złoża zawierające drobne cząstki węgla aktywnego (0,1-0,3 mm), o dużej szerokości porów i relatywnie niewielkiej powierzchni właściwej, cechowały się wysoką skutecznością eliminacji zanieczyszczeń. Filtry dzbankowe ogólnie przewyższyły butelkowe pod względem wszechstronności, szczególnie

w redukcji farmaceutyków i pestycydów, podczas gdy filtry butelkowe lepiej radziły sobie z usuwaniem hydrofobowych związków PFAS.

Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę o mechanizmach sorpcji i mogą posłużyć do ulepszenia domowych systemów filtracyjnych, co jest kluczowe dla poprawy jakości i bezpieczeństwa wody przeznaczonej do spożycia [1].

1 M. Zarębska, S. Bajkacz, K. Malorna, Desalin. Water Treat. 321 (2025) 100937.

## **Rozwój metodyki próbek stapianych do pereł boranowych dla rud miedzi z zastosowaniem techniki XRF**

Ewelina Musielak(1,2), Jacek Anyszkiewicz(1), Rafał Sitko(2), Justyna Kostrzewa(1)

(1) *Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, ul. Sowińskiego 5, 44-200 Gliwice;*

(2) *Uniwersytet Śląski w Katowicach, Szkolna 9, 40-006 Katowice*

W odpowiedzi na rosnące wymagania dotyczące dokładności i powtarzalności analiz składu chemicznego surowców mineralnych, coraz większe znaczenie zyskują zaawansowane metody preparatyki próbek dostosowane do specyfiki badanego materiału. Szczególne wyzwanie stanowią rudy miedzi, których niejednorodność i złożona budowa mineralogiczna istotnie wpływają na jakość wyników analitycznych [1,2].

Praca dotyczy rozwoju i optymalizacji metodyki przygotowania próbek stapianych w postaci pereł boranowych przeznaczonych do analizy rud miedzi z zastosowaniem techniki fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej (XRF). Rudy miedzi charakteryzują się złożonym i zmiennym składem mineralogicznym, co w przypadku analiz próbek prasowanych prowadzi do istotnych efektów matrycowych, wpływu uziarnienia oraz ograniczonej powtarzalności wyników. Zastosowanie próbek stapianych umożliwia uzyskanie jednorodnych materiałów oraz poprawę dokładności i precyzji oznaczeń [3,4].

W ramach badań opracowano procedurę przygotowania próbek obejmującą dobór ilości topnika, optymalizację stosunku masowego próbki do topnika oraz zastosowanie innych dodatków, a także określenie parametrów stapiania, takich jak temperatura i czas procesu. Ocenie poddano jakość otrzymywanych pereł oraz przydatność do analiz XRF pierwiastków głównych i wybranych składników śladowych charakterystycznych dla rud miedzi.

Kalibrację spektrometru XRF przeprowadzono w oparciu o materiały syntetyczne przygotowane z czystych tlenków pierwiastków, które zostały poddane identycznej procedurze preparatyki jak próbki badane. Takie podejście pozwoliło ograniczyć niepewność związaną z różnicami w składzie chemicznym i strukturze próbek. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie zoptymalizowanej metodyki próbek stapianych w połączeniu z kalibracją opartą na materiałach syntetycznych jest odpowiednie dla analiz XRF rud miedzi.

Opracowana metodyka może znaleźć zastosowanie w rutynowej analizie surowców mineralnych, badaniach geochemicznych oraz kontroli procesów technologicznych, stanowiąc wiarygodne narzędzie do precyzyjnej charakterystyki składu chemicznego rud miedzi.

1 Z. Myzk, J. Baranowska, J. Myzk, X-Ray Spectrom. 31 (2002) 39-46.

2 G. Li, B. Klein, Ch. Sun, J. Kou, Miner. Eng. 164 (2021) 106812.

3 F. Claisse, Physic and chemistry of borate fusion. Theory and application, Katanax Inc., 2018.

4 J.T. Hutton, S.M. Elliott, Chem. Geol. 29 (1980) 1-11.

## **The Laboratory for Circular Economy in European Defense Industry (Lab CEED)**

Tadeusz Gorewoda(1), Jacek Anyszkiewicz(1), Justyna Kostrzewa(1), Marta Wolska(1), P. Queipo Rodríguez(2), L. Ignacio Suarez Rios(2), Robert Albrecht(3)

*(1) Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Centrum Chemii Analitycznej*

*(2) IDONIAL Centro Tecnológico (Spain)*

*(3) Uniwersytet Śląski, Instytut Inżynierii Materiałowej*

Project LabCEED focuses on the design and validation of a deployable, container-based mobile analytical laboratory intended to enable on-site qualification of spare parts manufactured using additive manufacturing (AM) technologies, as well as material recovery streams originating from the post conflict area. The core research framework for AM qualification integrates digital qualification with the follow-up rapid material identification and defect detection. For material recovery services a critical raw materials (CRMs) assessment is predicted. Both aims have been reached using a complementary set of advanced analytical techniques, including X-ray fluorescence (XRF), Raman and infrared (IR) spectroscopy, X-ray tomography, and non-destructive testing (NDT) methods. The digital qualification system is developed by the Spanish partner - IDONIAL. Definition of approaches to be followed in digital qualification route includes (1) in-line manufacturing process monitoring and (2) part characterization by crack propagation analysis. The preliminary phase of LabCEED was dedicated to establishing a robust methodological foundation through the preparation, selection, and experimental verification of analytical techniques suitable for rapid, deployable quality assessment. To this end, two controlled sets of defected and non-defected reference samples were designed and manufactured, encompassing both polymeric and metallic materials. Polymer components were produced via Fused Filament Fabrication (FFF), while metallic samples were fabricated using Powder Bed Fusion (PBF). Representative defects were intentionally induced to realistically reproduce additive manufacturing imperfections. Based on the reference samples, a systematic review and selection of fast, predominantly non-destructive analytical methods suitable for field deployment was conducted. The selected techniques were subsequently experimentally verified using the prepared sample sets, with dedicated validation for the detection and identification of CRMs, supported by simplified statistical assessment of method performance and repeatability. The outcomes of this stage comprise a validated portfolio of analytical techniques and clearly defined instrument requirements, forming the technical and methodological basis for the integrated design of the LabCEED mobile laboratory.

“The LabCEED project is co-financed by the European Union’s LIFE Programme and the European Defence Agency under the Incubation Forum for Circular Economy in European Defence (IF CEED).”

The authors gratefully acknowledge shim-pol, the University of Silesia, and MS Spectrum for enabling the experimental measurements conducted within this study.

1 D. Rejeski, J. Zhao, Y. Huang, *Addit. Manuf.* 19 (2018) 21-28.

2 J. Rao, S. Leong Sing, P. Liu, J. Wang, H. Sohn, *Virtual Phys. Prototyp.* 18(1) (2023) 2266658.

3 <https://eda.europa.eu/what-we-do/eu-policies/if-ceed> [access: May 4th 2026]

## Ryzyko personelu jako czynnik krytyczny w zapewnieniu ciągłości działania laboratorium badawczego zgodnego z ISO/IEC 17025

Kinga Baran, Marta Wolska

*Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych*

Zapewnienie ciągłości działania laboratorium badawczego funkcjonującego zgodnie z wymaganiami normy ISO/IEC 17025 jest jednym z fundamentalnych warunków utrzymania wiarygodności wyników badań oraz stabilności operacyjnej jednostki. W kontekście podejścia opartego na ryzyku szczególne znaczenie przypisuje się czynnikowi ludzkiemu, który należy uznać za krytyczny determinant zdolności laboratorium do nieprzerwanego funkcjonowania. Kompetencje, doświadczenie oraz dostępność personelu mają bezpośredni wpływ na prawidłowość realizowanych procesów badawczych, a tym samym na jakość i spójność uzyskiwanych wyników.

Ciągłość działania laboratorium należy rozumieć jako zdolność do utrzymania realizacji działalności badawczej na wymaganym poziomie jakości w warunkach występowania zakłóceń wewnętrznych i zewnętrznych. W tym ujęciu istotnym źródłem ryzyka jest ograniczona dostępność personelu wynikająca z absencji, rotacji lub niewystarczającego poziomu kompetencji. Szczególnie niebezpieczne jest zjawisko koncentracji wiedzy i umiejętności w obrębie pojedynczych stanowisk lub osób, co prowadzi do powstawania tzw. wąskich gardeł procesowych i zwiększa podatność organizacji na zakłócenia.

Norma ISO/IEC 17025 jednoznacznie akcentuje konieczność zapewnienia kompetentnego personelu oraz wdrożenia systemowego podejścia do zarządzania ryzykiem. W odniesieniu do czynnika ludzkiego obejmuje to identyfikację i ocenę zagrożeń takich jak niedostateczne kwalifikacje, brak zastępowalności, błędy ludzkie wynikające z przeciążenia pracą lub rutyny, a także niedostateczny nadzór nad realizacją procesów. Spełnienie wymagań normy wiąże się z koniecznością prowadzenia udokumentowanych działań w zakresie rozwoju kompetencji, ich okresowej weryfikacji oraz jasno zdefiniowanego przypisania odpowiedzialności.

Ograniczanie ryzyka personelu wymaga wdrożenia świadomych i systematycznych działań zarządczych, ukierunkowanych na zwiększenie odporności organizacji. Do kluczowych należą rozwijanie kompetencji wielozadaniowych, zapewnienie zastępowalności pracowników, planowanie szkoleń oraz monitorowanie obciążenia pracą. Istotnym elementem jest również opracowanie procedur awaryjnych uwzględniających niedostępność kluczowego personelu, co stanowi integralną część szerszych planów ciągłości działania.

Podsumowując, ryzyko związane z personelem stanowi jeden z najistotniejszych i najbardziej wrażliwych czynników wpływających na ciągłość działania laboratorium badawczego. Jego właściwa identyfikacja oraz skuteczne zarządzanie, zgodne z wymaganiami ISO/IEC 17025, umożliwiają ograniczenie wpływu zakłóceń, zapewnienie wysokiej jakości wyników badań oraz utrzymanie stabilności funkcjonowania laboratorium w długim horyzoncie czasowym.

1 PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.

2 E. Tziakou, A. G. Fragkaki, A. N. Platis, *Accred. Qual. Assur.* 28 (2023) 167-179.

3 F. R. da Silva, I. H. Grochau, H. M. Veit, *Accred. Qual. Assur.* 26 (2021) 271-278.

## **Różne sposoby preparatyki stopu tytanu Ti64**

Adrian Pietrzik, Jacek Anyszkiewicz, Justyna Kostrzewa, Ewelina Musielak, Ewa Jamroz

*Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Centrum Chemii Analitycznej*

Stop tytanu Ti-6Al-4V (Ti64) jest jednym z najczęściej stosowanych materiałów konstrukcyjnych w przemyśle lotniczym, medycznym i energetycznym ze względu na wysoką wytrzymałość mechaniczną, niską gęstość oraz bardzo dobrą odporność korozyjną. Z uwagi na złożony skład chemiczny oraz wysoką reaktywność tytanu, kluczowym zagadnieniem w analizie chemicznej tego stopu jest właściwy dobór metody preparatyki próbek oraz techniki pomiarowej, zapewniających wiarygodne i porównywalne wyniki oznaczeń pierwiastków stopowych i śladowych.

Celem pracy było porównanie różnych sposobów preparatyki stopu Ti64 pod kątem ich wpływu na wyniki analiz składu chemicznego oraz ocena zgodności rezultatów uzyskiwanych przy zastosowaniu odmiennych podejść analitycznych.

Zastosowano trzy warianty preparatyki próbek. Pierwszy obejmował analizę materiału po uprzednim przetopieniu, drugi polegał na roztworzeniu próbek i przygotowaniu ich w postaci próbek cienkowarstwowych - w obu przypadkach pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej (XRF). Trzeci wariant obejmował roztwarzanie próbek i analizę otrzymanych roztworów przy użyciu optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES). Zastosowanie różnych technik pomiarowych oraz sposobów przygotowania próbek umożliwiło kompleksową ocenę ich wpływu na uzyskiwane wyniki.

Uzyskane rezultaty wskazują, że mimo zastosowania odmiennych procedur preparatyki oraz różnych form próbek, wyniki analiz składu chemicznego stopu Ti64 pozostają zbieżne w granicach niepewności metody. Zastosowane podejścia różnią się jednak pod względem czasu przygotowania próbek, kosztów analizy, stopnia złożoności procedur oraz wymagań aparaturowych. Oznacza to, że wybór konkretnej metody preparatyki i techniki pomiarowej może być determinowany przede wszystkim dostępnym wyposażeniem laboratoryjnym oraz oczekiwanym nakładem czasowym i ekonomicznym, przy jednoczesnym zachowaniu porównywalności otrzymywanych wyników.

1 <https://wolften.pl/pl/tytan-grade-5/> [dostęp online: maj 2026].

2 Wiley-VCH, Weinheim. Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications, 2003.

3 Rene Van Grieken, A. Markowicz. Handbook of X-Ray Spectrometry. 2001/2002 (2. edycja).

## **Optymalizacja metod ekstrakcji oraz analiza ICP-OES i UV-Vis w ocenie potencjału antyoksydacyjnego wybranych surowców roślinnych**

Maciej Prudel(1), Celina Pieszko(2), Agata Wawoczny(1), Kamil Peckh(1)

(1) *Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska*

(2) *Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska*

Celem pracy było zbadanie wpływu wtórnych metabolitów roślinnych oraz pierwiastków śladowych na redukcję stresu oksydacyjnego. Badaniami objęto susze bodziszka cuchnącego (*Geranium robertianum* L.), konopi włóknistej (*Cannabis sativa* L.) oraz czystka siwego (*Cistus x incanus* L.).

W części doświadczalnej dokonano porównania efektywności różnych technik ekstrakcji: ekstrakcji ciągłej w aparacie Soxhleta oraz maceracji krótko- i długoterminowej z wykorzystaniem etanolu jako rozpuszczalnika. Kluczowym elementem analitycznym było oznaczanie zawartości mikroelementów (takich jak Fe, Zn, Cu, Mn, Se) oraz pierwiastków toksycznych (Cd, Pb, Hg, Al) metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES). Równolegle oceniono aktywność antyoksydacyjną otrzymanych ekstraktów metodą spektrofotometryczną UV-Vis z wykorzystaniem syntetycznego rodnika DPPH.

Wyniki badań wykazały istotne różnice w składzie pierwiastkowym oraz aktywności antyoksydacyjnej, zależne zarówno od gatunku rośliny, jak i zastosowanej metody ekstrakcji. Analiza wykazała, że właściwie dobrana metoda ekstrakcji pozwala na maksymalne wydobycie substancji aktywnych oraz pierwiastków śladowych pełniących rolę kofaktorów w enzymatycznych układach obronnych (np. SOD, CAT). Praca podkreśla znaczenie standaryzacji procesów analitycznych w kontroli jakości produktów naturalnych oraz rolę analizy śladowej w zapewnieniu ich bezpieczeństwa i skuteczności prozdrowotnej.

1 S. Liang, T. Wang, X. Hu, et al., *Nutr. Rev.*, 81 (2023) 775-789.

2 W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, C. Berset, *LWT - Food Sci. Technol.*, 28 (1995) 25-30.

3 A. Wojdyło, J. Oszmiański, R. Czemerys, *Food Chem.*, 105 (2007) 940-949.

4 A. Kabata-Pendias, *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Press, Boca Raton, wyd. 4, 2010.

## **Ukryte zagrożenie w paszach - opracowanie i walidacja metody oznaczania wybranych antybiotyków**

Joanna Gierlotka, Joanna Wilk, Sylwia Bajkacz

*Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska*

Narastająca oporność bakterii na środki przeciwdrobnoustrojowe, napędzana ich nadmiernym stosowaniem zarówno u ludzi, jak i u zwierząt i stanowi obecnie jedno

z największych globalnych zagrożeń dla zdrowia publicznego [1]. Według prognoz zużycie antybiotyków w weterynarii znacznie przewyższa ich stosowanie u ludzi i może nadal rosnąć [2]. Pomimo regulacji Unii Europejskiej ograniczających użycie substancji przeciwbakteryjnych w hodowli zwierząt, ryzyko przypadkowego zanieczyszczenia pasz, występujące na różnych etapach ich produkcji i dystrybucji [3,4], nadal stanowi istotny problem. Stwarza to potrzebę opracowania skutecznych procedur ich rutynowej kontroli.

Celem niniejszego badania było opracowanie oraz walidacja prostej i efektywnej procedury do jednoczesnego oznaczania dwunastu wybranych antybiotyków weterynaryjnych (cefotaksym, doksycyklina, klarytromycyna, trimetoprim, tetracyklina, cyprofloksacyna, enrofloksacyna, sulfametoksazol, oksytetracyklina, tylozyna, ampicylina, chlortetracyklina) w paszach zwierzęcych z zastosowaniem chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemowym spektrometrem mas (LC-MS/MS). Procedurę ekstrakcji prowadzono w układzie ciało stałe-ciecz (SLE) i zoptymalizowano, analizując wpływ rodzaju rozpuszczalnika na wydajność ekstrakcji. Opracowaną procedurę zwalidowano, oceniając jej liniowość, precyzję, dokładność oraz granice wykrywalności (LOD) i oznaczalności (LOQ). Opracowaną procedurę z powodzeniem zastosowano do analizy próbek pasz przeznaczonych dla kur niosek, krów mlecznych oraz tuczników, potwierdzając jej przydatność jako narzędzia kontroli jakości.

Podziękowania: Badania sfinansowano w ramach programu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza realizowanego na Politechnice Śląskiej (grant nr 32/014/SDU/10-22-89).

1 M. Przeniosło-Siwczyńska, K. Kwiatek, D. Wasyl, *Med. Weter.* 71 (2015) 663-669.

2 C. L. Beber, M. Aragrande, M. Canali, *EuroChoices* 23 (2024) 5-12.

3 E. Patyra, K. Kwiatek, *Med. Weter.* 78 (2022) 165-172.

4 K. Kümmerer, *J. Antimicrob. Chemother.* 54 (2004) 311-320.

## Zastosowanie podejścia chemometrycznego do oceny wpływu rodzaju uprawy na profil metaboliczny jabłek

Zofia Witkowska(1,2), Marianna Kostina-Bednarz(1)

(1) *Katedra Chemii Nieorganicznej Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska w Gliwicach*

(2) *Studenckie Koło Naukowe Chemików, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska w Gliwicach*

Żywność ekologiczna jest coraz częściej wybierana przez konsumentów na całym świecie. Wiąże się to ze zwiększonym ryzykiem dotyczącym fałszowania ekologicznych produktów żywnościowych. Zwiększa się również znaczenie nauk „omicznych” w tym metabolomiki, umożliwiającej analizę metabolomów pod wpływem działania czynników stresowych. Metabolom roślinny jest bardzo złożony co wiąże się z dużą ilością wielowymiarowych danych otrzymywanych po analizach. W celu rozwiązania tego problemu niezbędne jest wykorzystanie modeli matematycznych do opisu tych danych. Modele te noszą nazwę chemometrii.

Przeprowadzone badania z użyciem podejścia metabolomicznego oraz modeli chemometrycznych skupiały się na pytaniu: czy używając chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) możliwe jest przesiewowe badanie metabolomu jabłek pod kątem systemu uprawy. Próbkę przygotowano zgodnie z procedurami analiz metabolomicznych, a późniejsze wnioski wyciągnięto na podstawie analiz chemometrycznych.

Wykorzystane modele chemometryczne pozwoliły zakwalifikować próbki zgodnie z systemem upraw, wskazując iż użycie LC-MS/MS jako techniki z wyboru dostarcza wiarygodnych wyników dotyczących analizy przesiewowej jabłek.

1 M. Kharbach, M. A. Mansouri, M. Taabouz, T. Zhang, H. Yu, *Food Chem.* 506 (2026) 147854.

2 S. Hussain, T. Hussain Awan, E. Ahmad Waraich, i M. Iqbal Awan, *Plant Secondary Metabolites and Abiotic Stress Tolerance: Overview and Implications, Plant Abiotic Stress Responses and Tolerance Mechanisms*, 2023.

## Mikrozanieczyszczenia pod lupą. Czy miejskie oczyszczalnie spełniają wymagania nowej dyrektywy ściekowej?

Joanna Wilk(1), Agnieszka Kicińska(1), Sebastian Żabczyński(2), Sylwia Bajkacz(1)

(1) Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska

(2) Katedra Biotechnologii Środowiskowej, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska

Dyrektywa 2024/3019 z dnia 27 listopada 2024 roku, czyli znowelizowana wersja dyrektywy 91/271/EWG z 1991 roku, zwanej potocznie dyrektywą ściekową, wprowadza nowe wymagania w zakresie oczyszczania ścieków dopasowane do współczesnych realiów, jednocześnie rzucając wyzwanie technologiczne komunalnym oczyszczalniom. Jedną z innowacji jest wyszczególnienie 12 substancji organicznych, głównie farmaceutyków, uznawanych za niebezpieczne dla zdrowia publicznego i środowiska, nawet w stężeniach poniżej 1 mikrograma na litr. Ich usuwanie będzie obowiązkowe dla dużych oczyszczalni o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM)  $> 150\ 000$  w ramach czwartego stopnia oczyszczania i wprowadzane stopniowo do 2045 roku. W przypadku obszarów wrażliwych na skażenie mikrozanieczyszczeniami, dodatkowe doczyszczanie będzie także obowiązywać aglomeracje o RLM  $> 10\ 000$ . Ze względu na opisany w literaturze problem nieefektywności konwencjonalnych oczyszczalni pod kątem pełnej eliminacji pozostałości takich substancji, wymóg wprowadzenia czwartego stopnia oczyszczania zakładać będzie wykorzystanie nowoczesnych technologii, m.in. ozonowania, których instalacja i wdrożenie będzie kosztownym przedsięwzięciem [1,2].

Celem badań było określenie efektywności usuwania substancji wymienionych w dyrektywie 2024/3019 podczas procesu oczyszczania, z wykorzystaniem obecnej infrastruktury spełniającej warunki trzeciego stopnia oczyszczania. Z wybranych 9 oczyszczalni z podwyższonym usuwaniem biogenów pobrano średniodobowe próbki ścieków surowych i oczyszczonych, które poddano ekstrakcji od fazy stałej (SPE). Ekstrakty analizowano z zastosowaniem chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS). W ściekach przed i po oczyszczeniu konwencjonalnym oznaczono wskaźnikowe mikrozanieczyszczenia (amisulpryd, karbamazepina, citalopram, klarytromycyna, diklofenak, hydrochlorotiazyd, metoprolol, wenlafaksyna, kandesartan, irbesartan, benzotriazol oraz mieszanina 4-metylobenzotriazolu i 5-metylobenzotriazolu). Następnie obliczono dla nich stopnie usunięcia i porównano z wymaganiami dyrektywy 2024/3019, nakładającymi konieczność zmniejszenia stężenia o ponad 80% dla minimum 6 z wyżej wymienionych związków jednocześnie. Wymaganą efektywność usuwania otrzymano dla maksymalnie 4 substancji, co świadczy o tym, że żadna z oczyszczalni przy obecnej infrastrukturze nie spełnia wymogów. Efektywność usuwania poszczególnych związków różniła się pomiędzy obiektami, a wymagany poziom redukcji najczęściej otrzymywano dla hydrochlorotiazidu. Wyniki dodatkowo zestawiono ze stałymi charakteryzującymi anality oraz z parametrami oczyszczalni w celu powiązania ich z wielkością zakładów i właściwościami mikrozanieczyszczeń.

1 Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/3019 z dnia 27 listopada 2024 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych (wersja przekształcona).

2 M. Gautier, Curr. Opin. Environ. Sci. Heal. 49 (2026) 100702.

## **Zależność wyników oznaczania związków fenolowych od warunków ekstrakcji jako problem interpretacji wyników analitycznych**

Julia Paris, Celina Pieszko

*Politechnika Śląska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii*

Związki fenolowe stanowią jedną z najważniejszych grup metabolitów wtórnych roślin, odpowiadając za ich właściwości antyoksydacyjne i prozdrowotne. Ich zawartość oznaczana w ekstraktach roślinnych jest jednak silnie uzależniona od warunków przygotowania próbki, co może prowadzić do istotnych rozbieżności w interpretacji wyników analizy.

Celem pracy było zbadanie wpływu parametrów ekstrakcji na oznaczaną zawartość związków fenolowych oraz wskazanie, w jakim stopniu dobór warunków przygotowania ekstraktu może determinować końcowy wynik analityczny. Badania przeprowadzono na wybranych surowcach roślinnych o wysokiej zawartości polifenoli, ze szczególnym uwzględnieniem czystka siwego, a także bodziszka cuchnącego i konopi włóknistej.

Ekstrakcję prowadzono z wykorzystaniem rozpuszczalników o różnej polarności (woda, etanol o różnym stężeniu), w zróżnicowanych warunkach temperatury i czasu, odzwierciedlających zarówno procedury laboratoryjne, jak i metody możliwe do zastosowania w warunkach domowych. Otrzymane ekstrakty analizowano spektrofotometrycznie metodą Folina-Ciocalteu, która umożliwia oznaczenie całkowitej zawartości związków fenolowych jako miary potencjału redukcyjnego próbki.

Uzyskane wyniki wykazały istotne różnice w oznaczanej zawartości fenoli w zależności od zastosowanych warunków ekstrakcji. Największy wpływ na efektywność procesu miały: rodzaj rozpuszczalnika, temperatura oraz czas kontaktu faz. Zaobserwowano, że nawet niewielkie zmiany parametrów mogą prowadzić do znaczących różnic w uzyskanych wynikach, co potwierdza, że oznaczana „zawartość fenoli” jest w dużej mierze wartością operacyjną, zależną od procedury analitycznej, a nie wyłącznie właściwością samego materiału roślinnego.

Wyniki pracy wskazują, że brak standaryzacji warunków ekstrakcji stanowi istotne źródło błędów interpretacyjnych w analizie porównawczej próbek roślinnych. Podkreśla to konieczność precyzyjnego definiowania metod przygotowania próbek oraz ostrożnej interpretacji danych literaturowych. Jednocześnie wykazano, że proste techniki ekstrakcji mogą dostarczać użytecznych informacji, jednak ich wyniki powinny być analizowane w kontekście zastosowanej procedury.

Przeprowadzone badania stanowią podstawę do dalszych prac nad standaryzacją metod ekstrakcji i interpretacji wyników oznaczania związków fenolowych w analizie surowców roślinnych.

1 E. Gil-Martín, T. Forbes-Hernández, A. Romero, D. Cianciosi, F. Giampieri, M. Battin, *Food Chem.* 378 (2022) 131918.

2 A. Bertelli, M. Biagi, M. Corsini, G. Bainsi, G. Cappellucci, E. Miraldi, *Foods.* 10 (2010) 2595.

3 R. A. Oluwaseun, H.A. Nour, I.U. Chinonso, *Curr. Res. Food Sci.* 4 (2021) 200-2014.

## **Wpływ nanometrycznych tlenków na gospodarkę mineralną grochu**

Julia Cegielska, Elżbieta Skiba, Monika Pietrzak, Wojciech M. Wolf

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

Gospodarka mineralna stanowi jeden z kluczowych elementów determinujących prawidłowy wzrost oraz rozwój roślin. Proces ten jest silnie uzależniony od warunków środowiskowych, takich jak dostępność składników pokarmowych oraz obecność zanieczyszczeń. W odpowiedzi na zmieniające się warunki środowiskowe, rośliny wykazują zdolność do regulacji ilości pobieranych i transportowanych wewnątrz organizmu pierwiastków, co może prowadzić odpowiednio do utrzymania lub zaburzeń homeostazy.

Nanomateriały znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu aspektach naszego życia, a ich obecność w środowisku wzbudza coraz większe zainteresowanie. Przedostają się do środowiska w sposób przypadkowy lub są do niego celowo wprowadzane w postaci dodatków do nowoczesnych agrochemikaliów. Szczególnie ich zastosowanie w rolnictwie budzi wiele pytań, a efekty ich działania powinny być szczegółowo zbadane. Nanometryczne związki mogą wpływać na metabolizm roślin oraz ilości pobieranych składników odżywczych, co przekłada się na ich ogólny stan fizjologiczny [1,2]. Ważnym aspektem prowadzonych badań jest ocena zmian w składzie pierwiastkowym roślin uprawnych spowodowanych obecnością nanocząstek.

Celem pracy było zbadanie działania nanometrycznych tlenków (ZnO, CeO<sub>2</sub>) na rozwój oraz gospodarkę mineralną grochu. Nanocząstki aplikowane były drogą korzeniową w systemie hydroponicznym, w stężeniach 100 mg/L, pojedynczo lub w układach podwójnych z SiO<sub>2</sub> NPs. Na podstawie przeprowadzonych badań określono wpływ na wzrost roślin oraz zawartość chlorofilu, mierzoną przy użyciu chlorofilomierza SPAD-502 Plus. Zawartość mikroelementów (Cu, Mn, Fe, Zn) w korzeniach i pędach grochu oznaczono wykorzystując technikę ICP-OES. Na tej podstawie wyznaczono również efektywność transportu pierwiastków w grochu.

Stwierdzono, że suplementacja roślin nanometrycznymi tlenkami znacząco wpływa na dystrybucję przyswajanych pierwiastków w roślinach. Największy wpływ można zaobserwować na ograniczenia w pobieraniu żelaza, we wszystkich zastosowanych rodzajach mieszanin nanocząstek. Dodatkowo nanocząstki krzemionki wykazały działanie łagodzące względem ZnO NPs, szczególnie w kontekście translokacji żelaza do części nadziemnych roślin. Zaburzona gospodarka mineralna roślin, w odniesieniu do uprawy kontrolnej, skutkowała zmianami w długościach zarówno korzeni, jak i pędów roślin oraz całkowitej zawartości chlorofilu w liściach.

1 D. K. Tripathi, et al., *Plant Physiol. Biochem.* 110 (2017) 2-12.

2 F. Zulfiqar, et al., *Plant Sci.* 289 (2019) 110270.

## Zastosowanie technik analitycznych w badaniach kompleksów metali bloku s z flurbiprofenem

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

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

Współczesna chemia analityczna opiera się na zastosowaniu komplementarnych technik instrumentalnych, umożliwiających kompleksową charakterystykę badanych układów pod względem ich składu, struktury oraz właściwości fizycznych i chemicznych. W analizie związków koordynacyjnych wykorzystuje się wiele technik instrumentalnych w celu uzyskania szczegółowych informacji dotyczących składu, struktury oraz właściwości fizycznych i chemicznych otrzymanych związków. Obecnie standardem w badaniach jest połączenie analizy elementarnej, technik spektroskopowych oraz dyfrakcji rentgenowskiej [1-3].

Przedmiotem prezentowanej pracy są badania związków koordynacyjnych metali bloku s z niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi (NLPZ). NLPZ są jedną z najczęściej stosowanych grup leków na świecie. Znalazły zastosowanie w łagodzeniu bólu, gorączki oraz w leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawów [4]. Niestety, ich długotrwałe stosowanie wiąże się z występowaniem działań niepożądanych, m.in.: bólami brzucha, niestrawnością, nudnościami oraz poważnymi problemami żołądkowo-jelitowymi, takimi jak krwawienia i perforacje. W celu ograniczenia skutków ubocznych oraz poprawy aktywności biologicznej i biodostępności leków podejmuje się próby tworzenia kompleksów NLPZ z odpowiednio dobranymi kationami metali [5].

W niniejszym komunikacie przedstawiono charakterystykę kompleksów metali bloku s z flurbiprofenem (Hflur) z wykorzystaniem wielu technik analitycznych. Skład pierwiastkowy oraz stechiometrię badanych związków określono za pomocą emisyjnej spektroskopii atomowej z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP-OES). Analiza widm FTIR umożliwiła identyfikację charakterystycznych pasm, potwierdzenie miejsca występowania wiązania koordynacyjnego oraz określenie typu wiązania metal-ligand. Badania termogravimetryczne (TG/DTG) pozwoliły na ocenę stabilności termicznej kompleksów oraz wyznaczenie etapów ich rozkładu. Dodatkowo zastosowano spektroskopię UV-Vis do oceny właściwości antyoksydacyjnych otrzymanych związków.

1 S. R. Shah, Z. Shah, A. Khan, A. Ahmed, S. Khwaja, R. Csuk, M. U. Anwar, A. Al-Harrasi, *New J. Chem.* 45 (2021) 45-52.

2 A. Komal, M. Azam, B. Saman, R. Maira, M.A.R. Basra, *J. Inorg. Biochem.* 277 (2026) 113196.

3 M. Gacki, K. Kafarska, W. M. Wolf, *J. Coord. Chem.* 72 (2019) 1701664.

4 S. Wongrakpanich, A. Wongrakpanich, K. Melhado, J. Rangaswami, *Aging Dis.* 9 (2018) 143-150.

5 M. Brzozowska, B. Jana, J. Całka, *Int. J. Mol. Sci.* 22 (2021) 11689.

## **Metody instrumentalne w badaniach dotyczących związków koordynacyjnych metali z etodolakiem**

Patrycja Schab, Karolina Kafarska, Michał Gacki, Wojciech M. Wolf

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

Etodolak jest przedstawicielem niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ), wykazujących działanie przeciwzapalne, przeciwgorączkowe oraz przeciwbólowe [1]. Mechanizm jego działania związany jest głównie z hamowaniem aktywności cyklooksygenazy, co prowadzi do ograniczenia syntezy prostaglandyn odpowiedzialnych za rozwój stanu zapalnego [2]. Ze względu na obecność grup funkcyjnych zdolnych do oddziaływań z jonami metali, etodolak stanowi interesujący obiekt badań w obszarze chemii koordynacyjnej. Otrzymane kompleksy mogą mieć potencjalne zastosowanie w farmacji [3].

W celu określenia składu i właściwości tego typu związków wykorzystywane są metody instrumentalne. Techniki spektroskopowe, takie jak FT-IR, pozwalają na potwierdzenie występowania wiązania koordynacyjnego między metalem a ligandem. Natomiast atomowa spektrometria absorpcyjna (AAS) umożliwia oznaczenie procentowej zawartości metalu, co pozwala na określenie wzoru sumarycznego związku. Badania termiczne dostarczają informacji na temat stabilności termicznej, stopnia uwodnienia oraz przebiegu rozkładu badanych układów, a także potwierdzają prawidłowość wyznaczonych wzorów sumarycznych.

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

1 R. Sebaa, R.H. AlMalki, H. Sukkarieh, L.A. Dahabiyeh, M. Al Mogren, T. Arafat, A.H. Mujamammi, E.M. Sabi, A.M. Abdel Rahman, *Pharmaceuticals* 18 (2025) 1155.

2 X. Hu, Y. Gong, Z. Cao, Z. Huang, J. Sha, Y. Li, T. Li, B. Ren, *J. Mol. Liq.* 316 (2020) 113779.

3 X.Q. Song, Z.Y. Ma, Y.G. Wu, M.L. Dai, D.B. Wang, J.Y. Xu, Y. Liu. *Eur. J. Med. Chem.* 167 (2019) 377-387.

## **Zielona chemia analityczna w edukacji IB (International Baccalaureate): oznaczanie witaminy C w sokach owocowych z wykorzystaniem narzędzi GAPI, AGSA i AGREE**

Aleksandra Pollap(1), Paweł Świt(2)

(1) Dwujęzyczne Liceum Ogólnokształcące Da Vinci's International High School w Krakowie

(2) Instytut Chemii, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Szkolna 9, 40-006

Celem pracy było oznaczenie zawartości witaminy C w wybranych sokach owocowych oraz ocena „zieloności” zastosowanej procedury analitycznej z wykorzystaniem współczesnych narzędzi dedykowanych do tego celu: Green Analytical Procedure Index (GAPI), Analytical Green Star Area (AGSA) oraz Analytical GREENness Metric Approach (AGREE). Badania przeprowadzono w ramach programu International Baccalaureate, obejmującego Middle Years Programme oraz Diploma Programme, których założenia promują interdyscyplinarność, odpowiedzialność społeczną, krytyczne myślenie oraz edukację na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Analizie poddano cztery rodzaje soków: świeżo wyciskany sok pomarańczowy, sok pomarańczowy z kartonu, sok z czarnej porzeczki oraz sok jabłkowy. Oznaczenia wykonano metodą miareczkową z wykorzystaniem reakcji redoks witaminy C. Uzyskane wyniki pozwoliły na porównanie zawartości kwasu askorbinowego w zależności od rodzaju produktu i stopnia jego przetworzenia. Najwyższą zawartość witaminy C stwierdzono w soku z czarnej porzeczki oraz świeżo wyciskany soku pomarańczowym, natomiast najniższą w soku jabłkowym.

Szczególną uwagę poświęcono ocenie wpływu procedury analitycznej na środowisko i bezpieczeństwo pracy laboratoryjnej. Analizowano zużycie odczynników chemicznych, toksyczność stosowanych substancji, ilość generowanych odpadów, czas potrzebny do wykonania oznaczenia, zużycie energii oraz poziom bezpieczeństwa ucznia podczas wykonywania doświadczenia. Zastosowane narzędzia GAPI, AGSA oraz AGREE umożliwiły kompleksową ocenę ekologiczności procedury oraz wskazanie jej mocnych i słabych stron

w kontekście zasad zielonej chemii analitycznej.

Przeprowadzone badania wykazały, że proste doświadczenia wykonywane na poziomie szkoły średniej mogą stanowić wartościowy element edukacji ekologicznej i laboratoryjnej. Włączenie idei zielonej chemii do praktyki szkolnej rozwija świadomość środowiskową uczniów, uczy odpowiedzialnego korzystania z chemikaliów oraz pokazuje, że nowoczesna chemia może łączyć wysoką wartość poznawczą z troską o zdrowie człowieka i środowisko naturalne.

## **Badanie wpływu SCOBY na zawartość polifenoli w kombuczy**

Mateusz Szczelaszczyk(1), Joanna Orzeł(2)

*(1) III LO im. Stefana Batorego w Chorzowie*

*(2) Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski*

Kombucza jest napojem otrzymywanym z naparu herbaty czarnej lub zielonej, poddanego fermentacji prowadzonej przez drożdże i bakterie obecne w macierzy mikrobiologicznej SCOBY (ang. Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts). Zarówno herbata, jak i kombucza zawierają znaczne ilości polifenoli - związków pochodzenia roślinnego o właściwościach antyoksydacyjnych. Dzięki temu obniżają poziom stresu oksydacyjnego między innymi poprzez chelatację jonów miedzi i żelaza, aktywację enzymów antyoksydacyjnych oraz reakcje z wolnymi rodnikami powstającymi w komórkach jako produkty uboczne reakcji metabolicznych lub pod wpływem promieniowania UV [1].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu macierzy SCOBY na zawartość polifenoli w napoju. W badaniach wykorzystano napary z zielonej i czarnej herbaty parzone w tradycyjny sposób. Przygotowane napary herbaty podzielono na próbki kontrolne oraz próbki fermentacyjne. Próbki kontrolne zamrożono do momentu analizy zawartości polifenoli. Do próbek fermentacyjnych dodano starter SCOBY i pozostawiono je na okres dwóch tygodni. Po tym czasie zawartość polifenoli w obydwu zestawach próbek oznaczono spektrofotometrycznie za pomocą metody Folina-Ciocalteu [2].

1 A. Sadowska, F. Świdorski, R. Kromołowska, *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego* 1 (2011) 108-111.

2 M. Pérez; I. Dominguez-López; R. M Lamuela-Raventós, *J. Agric. Food Chem.* 71 (2023) 17543-17553.

## Tlenkowo-fluorkowe materiały amorficzno-krystaliczne otrzymane metodą zol-żel jako emitery promieniowania w zakresie bliskiej podczerwieni

Joanna Śmiarowska(1), Natalia Żak(1), Bartosz Handke(2), Maciej Sitarz(2),  
Wojciech A. Pisarski(1)

(1) *Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

(2) *Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica  
w Krakowie*

Trójdatnie jony lantanowców cieszą się dużym zainteresowaniem jako domieszki aktywne optycznie ze względu na ich wyjątkową strukturę elektronową, która pozwala na generowanie emisji w szerokim zakresie spektralnym, od ultrafioletu, przez światło widzialne aż do podczerwieni. Luminescencja jonów lantanowców jest ściśle zależna od właściwości matrycy optycznej, w której się znajdują. Emisja w podczerwieni jest szczególnie podatna na wygaszanie spowodowane drganiami matrycy, w związku z czym trwają poszukiwania odpowiednich materiałów, które pozwolą na uzyskanie wydajnej emisji promieniowania we wskazanym zakresie spektralnym. Wśród wielu dotychczas zbadanych matryc, tlenkowo-fluorkowe materiały amorficzno-krystaliczne otrzymane metodą zol-żel zyskują zainteresowanie, gdyż charakteryzują się one dobrą stabilnością mechaniczną, termiczną i elektrochemiczną oraz doskonałymi właściwościami optycznymi. Wbudowanie jonów domieszki optycznej w sieć krystaliczną fazy fluorkowej znacznie minimalizuje energię fononową lokalnego otoczenia jonów, co sprzyja wzmocnieniu intensywności luminescencji. Dodatkowo wykorzystanie metody zol-żel, która jest techniką niskotemperaturową wykazuje szereg zalet względem konwencjonalnej metody wysokotemperaturowego topienia. W tym zakresie istotne jest, że synteza może być prowadzona w temperaturze pokojowej, a otrzymane materiały cechują się dużą jednorodnością chemiczną.

W ramach przeprowadzonych badań otrzymano serię materiałów domieszkowanych wybranymi trójdatnymi jonami lantanowców przy użyciu niskotemperaturowej metody zol-żel. Krystalizację nanokryształów fluorkowych podczas kontrolowanej obróbki termicznej wyjściowych amorficznych kserożeli potwierdzono przy pomocy rentgenowskiej analizy fazowej (XRD). Charakterystyka luminescencyjna otrzymanych materiałów amorficzno-krystalicznych została oparta na widmach wzbudzenia oraz emisji, zarejestrowanych w zakresie bliskiej podczerwieni. Dodatkowo, na podstawie krzywych zaniku luminescencji oszacowano czasy życia poziomów wzbudzonych jonów lantanowców oraz przeprowadzono analizę wpływu ich stężenia na właściwości strukturalne i luminescencyjne otrzymanych układów dwufazowych.

1 M. E. Cruz, J. Li, G. Gorni, A. Duran, G. C. Mather, R. Balda, J. Fernandez, Y. Castro, *Crystals* 11 (2021) 464.

2 M. Sedano, G. Gorni, G. C. Mather, A. Duran, J. Fernandez, R. Balda, M. J. Pascual, *J. Eur. Ceram. Soc.* 44 (2024) 2427-2436.

## **Ocena wpływu rodzaju herbaty, substancji słodzącej oraz sposobu parzenia na zawartość kofeiny w próbkach kombuczy oraz macierzy SCOBY**

Patrycja Korbel, Joanna Orzeł

*Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Kombucha to fermentowany napój powstający z osłodzonej herbaty, w którym kluczową rolę odgrywa symbiotyczna kolonia mikroorganizmów (SCOBY - Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). Proces fermentacji nadaje jej charakterystyczny, lekko kwaskowy smak. Kombucha jest spożywana zarówno ze względu na walory smakowe, jak i przypisywane jej właściwości zdrowotne.

Bazą kombuchy jest napar z liści herbaty (*Camellia sinensis*), który naturalnie zawiera kofeinę - alkaloid o dobrze poznanych właściwościach pobudzających. Obecność kofeiny w gotowej kombuchy wynika więc bezpośrednio z rodzaju użytej herbaty oraz sposobu jego przygotowania. Jej stężenie może ulegać zmianom w trakcie procesu parzenia i fermentacji, co sprawia, że kombucha stanowi interesujący obiekt badań pod kątem zawartości tego związku.

Celem pracy było oznaczenie zawartości kofeiny w próbkach kombuchy oraz kulturze SCOBY przygotowanych na bazie herbaty zielonej i czarnej z dodatkiem miodu i cukru, parzonych trzema metodami: tradycyjnie, pod ciśnieniem oraz w technologii cold brew. W badaniach wykorzystano spektroskopię UV-Vis. Na podstawie wzorcowego roztworu kofeiny opracowano krzywą wzorcową, która umożliwiła ilościowe oznaczenie kofeiny w analizowanych próbkach. Uzyskane wyniki wskazują, że zawartość kofeiny była zróżnicowana w zależności od sposobu przygotowania próbek, co potwierdza istotny wpływ zarówno rodzaju surowca, rodzaju substancji słodzącej, jak i metody parzenia na końcową zawartość kofeiny w napojach fermentowanych.

1 M. Popielarczyk, M. Czarnowska-Kujawska, B. Paszczyk, M. Starowicz, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 31 (2024) 115-128.

2 G. Faudone, S. Arifi, D. Merk, *J. Med. Chem.* 64 (2021) 7156-7178.

## **Czy niewielka zmiana podstawnika heterocyklicznego może znacząco wpłynąć na właściwości fizykochemiczne i biologiczne pochodnych kwasu (Z)-2-(5-benzylideno-4-okso-2-tioksotiazolidyn-3-ylo)octowego?**

Agata Szłapa-Kula(1), Sławomir Kula(1), Łukasz Kaźmierski(2), Anna Biernasiuk(3),  
Przemysław Krawczyk(4)

(1) *Instytut Chemii, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach,*

(2) *Katedra Urologii i Andrologii, Wydział Lekarski Collegium Medicum, Uniwersytet Mikołaja  
Kopernika w Toruniu*

(3) *Katedra Mikrobiologii Farmaceutycznej, Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny w Lublinie*

(4) *Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny Collegium Medicum, Uniwersytet Mikołaja  
Kopernika w Toruniu*

Poszukiwanie nowych związków chemicznych o ściśle określonych właściwościach fizykochemicznych oraz biologicznych jest od wielu lat niezwykle ważnym celem badań naukowych. Niezwykle interesującym przykładem tego typu są pochodne kwasu rodaninio-3-octowego [1]. Związki te wykazują wiele interesujących właściwości fizykochemicznych oraz biologicznych dzięki czemu badane są w kierunku licznych zastosowań [1]. Jednym z nich są ogniwa słoneczne uczulane barwnikiem (DSSC), w których pochodne kwasu rodaninio-3-octowego mogą pełnić rolę barwnika [1]. Pochodne kwasu rodaninio-3-octowego ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne badano także jako czujniki fluorescencyjne do selektywnej detekcji jonów oraz jako sondy fluorescencyjne do bioobrazowania [1]. Ponadto wspomniane związki mogą również być wykorzystane jako inhibitory reduktazy aldozowej [1]. Co więcej, pochodne kwasu rodaninio-3-octowego wykazują także aktywność przeciwbakteryjną, przeciwgrzybiczą oraz przeciwnowotworową [1].

W związku z powyższym celem badań była ocena wpływu podstawnika heterocyklicznego (pirolidyny, pirolu i imidazoli) na właściwości fizykochemiczne i biologiczne pochodnych kwasu rodaninio-3-octowego, a dokładnie trzech pochodnych kwasu (Z)-2-(5-benzylideno-4-okso-2-tioksotiazolidyn-3-ylo)octowego. Rozważane podstawniki (pirolidynie, pirol i imidazol) dobrano tak, aby ich charakter zmienił się z alifatycznego na aromatyczny. Tak niewielkie zmiany strukturalne pozwoliły na określenie zależności między budową prezentowanych związków, a ich właściwościami. Pozwoliło to również na prześledzenie właściwości fizykochemicznych i biologicznych rozważanych związków w kontekście (alifatycznej lub aromatycznej) natury podstawnika. W przypadku pochodnych z podstawnikami aromatycznymi (pirole i imidazole) oceniano również wpływ dodatkowego atomu azotu na rozważane właściwości. Wszystkie związki otrzymano metodą kondensacji Knoevenagela. Ich strukturę potwierdzono metodami spektroskopowymi NMR. Następnie dla otrzymanych pochodnych przeprowadzono badania optyczne. Na podstawie wyników testów optycznych rozważane związki przetestowano jako barwniki fluorescencyjne do obrazowania utrwalonych i żywych komórek. Ponadto otrzymane pochodne przetestowano pod kątem aktywności przeciwbakteryjnej (wobec ośmiu szczepów referencyjnych bakterii Gram-dodatnich i pięciu szczepów bakterii Gram-ujemnych) i aktywności przeciwgrzybiczej (wobec pięciu szczepów drożdży *Candida spp.*).

1 A. Szłapa-Kula, S. Kula, Ł. Kazimierski, A. Biernasiuk, P. Krawczyk, *Sensors* 24 (2024) 1524.

## Etynylotiofenowe pochodne fluorenu: jak struktura kształtuje właściwości fizykochemiczne?

Paweł Kalarus, Agata Szłapa-Kula, Michał Filapek, Sławomir Kula

*Instytut Chemii, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Dynamiczny rozwój technologiczny oraz rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną kierują uwagę nauki na rozwiązania sprzyjające jej oszczędzaniu i zrównoważonej produkcji. Wśród nich szczególne znaczenie mają inteligentne okna, których działanie opiera się na materiałach o precyzyjnie dostrojonych właściwościach fizykochemicznych [1,2]. Kluczową rolę odgrywają tu związki elektrochromowe, zdolne do odwracalnej zmiany barwy pod wpływem przyłożonego napięcia, umożliwiające selektywne modulowanie absorpcji promieniowania w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni [2,3]. W tym kontekście pochodne tiofenu wyróżniają się wysoką stabilnością elektrochemiczną oraz możliwością wielostopniowego elektrochromizmu [1-3].

W niniejszej pracy dowiedziono, w jaki sposób modyfikacje strukturalne wpływają na właściwości fizykochemiczne pochodnych fluorenu. W tym celu otrzymano sześć etynylotiofenowych pochodnych fluorenu różniących się obecnością grup alkilowych oraz charakterem podstawników tiofenowych. Strukturę otrzymanych związków potwierdzono metodami spektroskopii NMR. Następnie przeprowadzono analizę ich właściwości termicznych (badania termogravimetryczne), optycznych (badania absorpcji i emisji), elektrochemicznych (cykliczna voltamperometria) oraz spektroelektrochemicznych. Uzyskane wyniki wskazują, że wprowadzenie fragmentów etynylotiofenowych prowadzi do istotnej modulacji właściwości absorpcyjnych i emisyjnych badanych układów, a także do wzmocnienia ich odpowiedzi elektrochromowej. Zaobserwowane zależności jednoznacznie wskazują, że pozornie subtelne zmiany strukturalne przekładają się na wyraźne różnice we właściwościach fizykochemicznych cząsteczek. Otrzymane pochodne fluorenu stanowią obiecującą klasę materiałów funkcjonalnych o potencjalnym zastosowaniu w nowoczesnych technologiach optoelektronicznych.

1 M. Zangoli, F. Monti, A. Zanelli, M. Marinelli, S. Flammini, N. Spallacci, A. Zakrzewska, M. Lanzi, E. Salatelli, F. Pierini, F. Di Maria, Chem. Eur. J. 30 (2024) 202303590.

2 S. Kula, A. Szłapa-Kula, S. Krompiec, P. Gancarz, M. Filapek, Synth. Met. 247 (2019) 202-211.

3 T. Nicolini, B.A. Frontana-Uribe, A. Kuhn, G. Salinas, Chem. Electro. Chem. 10 (2023) 202300346.

## Analiza spektroskopowa i elektrochemiczna związków irydu(III) z aminowymi pochodnymi 1H-imidazo[4,5-f][1,10]fenantroliny

Adrianna Zimończyk, Katarzyna Choroba

*Zespół Fizykochemii Związków Metali Przejściowych, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Projektowanie nowoczesnych materiałów luminescencyjnych opiera się na precyzyjnej modyfikacji strukturalnej ligandów, co pozwala na subtelne dostrajanie właściwości fizykochemicznych kompleksów metali przejściowych. W tym kontekście układ 1H-imidazo[4,5-f][1,10]fenantroliny stanowi niezwykle interesujący punkt wyjścia dla badań podstawowych i aplikacyjnych. Jak wykazano w literaturze, m.in. na przykładzie kompleksów renu(I), wprowadzenie podstawników aminowych do szkieletu tego ligandu drastycznie zmienia charakter jego właściwości w związkach koordynacyjnych, wpływając na rozkład gęstości elektronowej i naturę stanów wzbudzonych [1].

Związki irydu(III) budzą szczególne zainteresowanie ze względu na ich niezwykle bogatą fotofizykę, którą można kontrolować poprzez odpowiedni dobór ligandów cyklometalujących oraz pomocniczych. Dzięki tej elastyczności strukturalnej, bis-cyklometalowane kompleksy irydu znajdują szerokie zastosowanie w optoelektronice (np. w diodach OLED), fotokatalizie oraz w naukach o życiu, m.in. jako sensory chemiczne czy substancje w terapii fotodynamicznej [2-4].

W ramach prezentowanych badań skupiono się na charakterystyce fizykochemicznej nowych, heteroleptycznych związków koordynacyjnych irydu(III). Sferę koordynacyjną metalu tworzą dwa ligandy typu 2-fenylchinoliny oraz pomocnicze ligandy chelatujące oparte na rdzeniu 1H-imidazo[4,5-f][1,10]fenantroliny, funkcjonalizowane grupami aminowymi: dimetyloaminową  $-N(CH_3)_2$  oraz difenylaminową  $-N(Ph)_2$ . Grupy te zostały wprowadzone do szkieletu ligandu pomocniczego poprzez łącznik fenyłowy, co ma kluczowe znaczenie dla właściwości elektronowych układów.

Do analizy wykorzystano komplementarne metody instrumentalne: pomiary spektroskopowe UV-Vis w rozpuszczalnikach o zmiennej polarności (DMSO,  $CH_3CN$ ,  $CH_2Cl_2$ ) oraz techniki elektrochemiczne: woltamperometrię cykliczną (CV) i różnicową woltamperometrię impulsową (DPV). Uzyskane wyniki pozwoliły na wyznaczenie parametrów redoks oraz analizę pasm absorpcyjnych w zależności od środowiska. Wstępna interpretacja danych eksperymentalnych, wsparta obliczeniami teoretycznymi, wskazuje na istotny wpływ grup aminowych na strukturę orbitali HOMO i LUMO oraz charakter przejść elektronowych. Szczegółowa analiza relacji między budową ligandu a obserwowaną przerwą energetyczną stanowi kluczowy element badań i otwiera drogę do dalszych prac nad wykorzystaniem tych układów w zaawansowanej sensoryce, optoelektronice czy fotokatalizie.

Podziękowanie: Działania badawcze współfinansowane z projektu NCN SONATA nr 2024/55/D/ST4/00339.

1 A. Szłapa-Kula, J. Palion-Gazda, P. Ledwon, K. Erfurt, B. Machura, Dalton Trans. 51 (2022) 14466-14481.

2 K. Choroba, J. Palion-Gazda, M. Penkala, P. Rawicka, B. Machura, Dalton Trans., 53 (2024) 17934-17947.

3 X. Cui, J. Zhao, Z. Mohmood, C. Zhang, Chem. Rec. 16 (2015) 173-188.

4 Y. Zhang, J. Qiao, iScience 24 (2021) 102858.

## Nowe fluorofory z rdzeniem pirydynopirolo[3,2,1-jk]karbazolowym

Emilia Buchcik, Grażyna Szafraniec-Gorol

*Instytut Chemii, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Organiczne układy bipolarne ze względu na swoją charakterystyczną budowę wykazują unikalne właściwości fotofizyczne. Obecność zarówno grupy bogatej w elektrony (donora - D), jak i grupy ubogiej w elektrony (akceptora - A) umożliwia indukowanie wewnątrzcząsteczkowego transferu ładunku (z j. ang. intramolecular charge transfer - ICT), co skutkuje zastosowaniem tych układów m.in. w: organicznych diodach elektroluminescencyjnych, organicznych ogniwach fotowoltaicznych czy w tranzystorach z efektem polowym. Pirydynopirolo[3,2,1-jk]karbazol ze względu na dodatkowy atom azotu w peryferyjnym pierścieniu nadaje skondensowanej strukturze charakter akceptorowy. W wyniku wieloetapowej syntezy otrzymano związki typu D-A oraz D- $\{\pi\}$ -A gdzie motywem donorowym był fluoren oraz karbazol, z łańcuchami alkilowymi o różnych długościach, a  $\{\pi\}$ -łącznikiem był mostek acetylenowy. Strukturę pochodnych pirydynopirolo[3,2,1-jk]karbazolu scharakteryzowano przy pomocy metod  $^1\text{H}$  NMR,  $^{13}\text{C}$  NMR oraz HRMS. Otrzymane układy zanalizowano pod kątem potencjalnego wykorzystania jako warstwy aktywne w diodach OLED. Wyznaczono właściwości termiczne, absorpcyjne i luminescencyjne. W wyniku niniejszych badań wyznaczono zależności struktura-właściwości, zarówno w ujęciu na nowy motyw akceptorowy jak i wpływ grupy donorowej oraz mostka typu  $\{\pi\}$ .

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu sfinansowanego przez Narodowe Centrum Nauki o tytule "Materiały bipolarne oparte na skondensowanych pierścieniach pirolo- oraz indolo[3,2,1-jk]karbazoli dla zastosowań w optoelektronice" realizowanego na podstawie umowy nr UMO-2020/39/D/ST5/00104.

1 O. S. Lee, A. P. McKay, D. B. Cordes, S. L. Warriner, M. C. Gather, E. Zysman-Colman, Adv. Sci. 12 (2025) e03175.

2 T. Kader, B. Stöger, J. Fröhlich, P. Kautny, Chem. Eur. J. 25(17) (2019) 4412-4425.

## Wielometodowe badania identyfikacyjne elementów konstrukcyjnych pojazdów wykonanych z tworzyw sztucznych

Krzysztof Witkowicz(1), Barbara Hachuła(1), Alicja Menżyk(1,2)

(1) Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Szkolna 9, 40-006 Katowice

(2) Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. Dra Jana Sehna w Krakowie, ul. Westerplatte 9, 31-033 Kraków

Tworzywa sztuczne stanowią obecnie jeden z podstawowych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym. Szacuje się, że współczesne pojazdy zawierają kilkadziesiąt różnych typów polimerów, z których najczęściej stosowane są polipropylen (PP), poliuretany (PU), poliamidy (PA) oraz polichlorek winylu (PCW) [1]. Materiały te wykorzystywane są zarówno w elementach zewnętrznych pojazdu (np. zderzaki, elementy nadwozia), jak i w komponentach wyposażenia wnętrza (np. panele, przewody elektryczne) i stanowią obecnie nawet do 20% masy oraz do 50% objętości pojazdu [2]. W przypadku zdarzeń drogowych fragmenty tych materiałów mogą stanowić istotne ślady umożliwiające powiązanie pojazdu z miejscem zdarzenia lub uczestnikami wypadku, co nadaje im istotne znaczenie w badaniach kryminalistycznych [3].

Celem pracy jest opracowanie podejścia analitycznego umożliwiającego identyfikację materiałów polimerowych pochodzących z elementów konstrukcyjnych pojazdów oraz ocenę ich przydatności w badaniach porównawczych prowadzonych na potrzeby ekspertyz sądowych. Typowym problemem do rozwiązania jest znalezienie sprawcy - pojazdu, który uciekł z miejsca zdarzenia na podstawie pozostawionych przez niego śladów, albo ustalenie kierującego pojazdem - na podstawie śladów otarć na ciele i odzieży pasażerów pojazdu. Badania obejmują próbki materiałów pobranych z samochodu osobowego marki BMW 318i, stanowiącego obiekt badań w niniejszej pracy.

W analizie zastosowano podejście wielometodowe obejmujące mikroskopię optyczną, spektroskopię FTIR (technika ATR), mikroskopię FTIR oraz spektroskopię Ramana. Analizę spektroskopową poszerzono o skaningową mikroskopię elektronową

z zastosowaniem detektora w postaci EDXRF. Mikroskopia optyczna wykorzystana została do wstępnej charakterystyki morfologii próbek i dokumentacji ich cech fizycznych. Identyfikację chemiczną materiałów prowadzono na podstawie analizy widm

w podczerwieni oraz widm Ramana, które stanowią jedne z najczęściej stosowanych technik identyfikacji polimerów w badaniach materiałowych i kryminalistycznych [4,5]. Zastosowanie komplementarnych technik spektroskopowych pozwala zwiększyć wiarygodność identyfikacji materiałów oraz może stanowić podstawę opracowania procedury badawczej przydatnej w analizie mikrośladów pochodzących z wypadków drogowych.

1 J. A. Brydson, *Plastics Materials*, Butterworth-Heinemann, 1999.

2 K. Friedrich, U. Breuer, *Multifunctionality of Polymer Composites*, Elsevier, 2015.

3 M. M. Houck, *Trace Evidence Analysis*, Academic Press, 2009.

4 B. H. Stuart, *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*, Wiley, 2004.

5 P. R. Griffiths, J. A. de Haseth, *Fourier Transform Infrared Spectrometry*, Wiley, 2007.

## **Oznaczanie zawartości wybranych jonów metali oraz kwasowości ogólnej w winach domowej produkcji**

Monika Wowra, Barbara Feist

*Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Wino oprócz substancji organicznych, takich jak m.in. kwas winowy, kwas cytrynowy, alkohol etylowy, cukier, glicerol, witaminy, kwas octowy, białka zawiera różne składniki mineralne. Jony metali zawarte w winie mogą wchodzić w skład winogron, mogą dostać się do wina w procesie technologicznym oraz mogą mieć swoje źródło w środkach konserwujących, grzybobójczych itp.

Zebrane próbki win poddano mineralizacji mikrofalowej z użyciem stężonego kwasu azotowego(V) oraz nadtlenu wodoru. W mineralizatach oznaczono jony Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd oraz Pb. Do oznaczenia wybranych jonów metali zastosowano technikę optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-OES). Dokładność oznaczeń sprawdzono metodą dodatku wzorca. Otrzymane wyniki porównano z obowiązującymi normami. Kwasowość ogólną win oznaczono metodą miareczkowania potencjometrycznego.

1 A. Ziola-Frankowska, M. Frankowski, *Food Anal. Methods* 10 (2017) 180-190.

2 M. Rantasa, D. Majer, L. Godec, G. Kolsek, E. Erjavec, M. Finsgar, *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 106 (2026) 1095-1114.

## **Optymalizacja oznaczania chloru w próbkach środowiskowych i żywności metodą TXRF**

Agnieszka Niezręcka, Marcin Musielak

*Zespół Chemii Analitycznej, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Rentgenowska spektrometria fluorescencyjna z całkowitym odbiciem (TXRF) jest techniką umożliwiającą oznaczanie pierwiastków na poziomie śladowym i ultraśladowym. Jednym z problemów związanych z analizą chloru metodą TXRF jest jego niemal całkowite odparowywanie podczas przygotowania próbek do pomiaru, co uniemożliwia bezpośrednie oznaczanie tego pierwiastka. Celem pracy było opracowanie procedury analitycznej pozwalającej na skuteczne oznaczanie chloru w próbkach środowiskowych i żywnościowych z wykorzystaniem TXRF poprzez ograniczenie strat analitu.

W badaniach zastosowano strącanie jonów chlorkowych jonami srebra prowadzące do powstania trudno rozpuszczalnego chlorku srebra(I). Oceniono wpływ stężenia srebra, czasu mieszania próbki oraz stężenia kwasu azotowego(V) na skuteczność oznaczania chloru. Najlepsze wyniki uzyskano dla stosunku stężeń chloru do srebra wynoszącego 1:10, przy zastosowaniu roztworu wzorcowego srebra o stężeniu 100 ppm. W tych warunkach błąd oznaczania chloru obniżono z wartości przekraczających 97% do około 0,5-6%. Wykazano również, że optymalny czas mieszania próbki wynosi 1-5 minut, natomiast wydłużenie czasu mieszania powoduje wzrost błędu oznaczania, prawdopodobnie wskutek tworzenia większych aglomeratów osadu.

Przeprowadzona walidacja wykazała możliwość zastosowania opracowanej procedury do oznaczania chloru w próbkach ciekłych. Otrzymana metoda charakteryzuje się zadowalającą precyzją oraz znacznym ograniczeniem strat chloru podczas przygotowania próbki. Uzyskane wyniki potwierdzają potencjał zastosowania techniki TXRF do analizy chloru w próbkach środowiskowych i materiałach żywnościowych.

1 R. Van Grieken, A. Markowicz, Handbook of X-ray Spectrometry, Marcel Dekker, 2002.

## **Ograniczenie strat lotnego arsenu podczas oznaczania metodą TXRF**

Daria Kołodziejczyk, Marcin Musielak

*Zespół Chemii Analitycznej, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Arsen należy do pierwiastków toksycznych, których oznaczenie w próbkach środowiskowych i żywnościowych stanowi istotne wyzwanie analityczne ze względu na możliwość tworzenia lotnych form tego pierwiastka. Problem ten jest szczególnie istotny podczas przygotowania próbek do analizy metodą rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej z całkowitym odbiciem (TXRF), gdzie proces ogrzewania może prowadzić do strat analitu. Celem pracy było opracowanie warunków stabilizacji arsenu umożliwiających jego oznaczenie metodą TXRF z ograniczeniem strat związanych z lotnością pierwiastka.

W badaniach analizowano wpływ obecności jonów chlorkowych, stopnia utlenienia arsenu oraz rodzaju środowiska kwasowego na stabilność oznaczanego pierwiastka. Do stabilizacji układu zastosowano jony srebra, których zadaniem było ograniczenie wpływu chlorków poprzez ich strącanie. Porównano wpływ kwasu azotowego(V) oraz kwasu solnego na przebieg oznaczenia. Uzyskane wyniki wykazały, że obecność kwasu solnego zwiększa straty arsenu, prawdopodobnie wskutek tworzenia lotnych związków chlorowych, natomiast środowisko kwasu azotowego(V) skuteczniej stabilizuje układ i poprawia odzysk analitu. Zaobserwowano również wpływ stopnia utlenienia arsenu na efektywność oznaczenia, co wskazuje na konieczność odpowiedniego doboru warunków chemicznych podczas przygotowania próbek.

Opracowaną procedurę poddano walidacji poprzez ocenę precyzji pomiarów oraz analizę certyfikowanych materiałów odniesienia obejmujących próbki wód i żywności. Uzyskane wyniki potwierdziły poprawność oraz przydatność opracowanej metody do oznaczania arsenu metodą TXRF w różnorodnych próbkach rzeczywistych. Dzięki odpowiedniej stabilizacji układu możliwe było ograniczenie strat analitu oraz poprawa powtarzalności i wiarygodności oznaczeń.

1 B. Beckhoff, B. Kanngießer, N. Langhoff, R., H. Wolff, Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis, 2006

## **Wykorzystanie biomasy jako biosorbentów metali ciężkich oraz prekursorów nanomateriałów katalitycznych**

Filip Milewski, Michał Piekorz, Marcin Musielak, Bartosz Leśnicki

*Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Wzrastająca ilość biomasy pochodzącej z terenów zielonych stanowi istotny problem środowiskowy i ekonomiczny. Liście drzew liściastych zbierane sezonowo w parkach miejskich są najczęściej spalane lub kompostowane, mimo obecności związków organicznych zdolnych do wiązania jonów metali ciężkich. Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania biomasy złożonej z liści brzozy, dębu i jawora, pestek daktyli oraz wybranego gatunku grzyba (borowik ceglastopory, borowik szlachetny i podgrzybek) jako biosorbentów metali ciężkich.

Badania przeprowadzono w skali laboratoryjnej dla roztworów zawierających jony metali ciężkich: Mn(VII), Cr(VI), Se(VI) oraz As(V). Otrzymane wyniki potwierdziły skuteczną sorpcję badanych jonów przez ww. biomasę, wskazując na wysoki potencjał materiałów odpadowych w procesach remediacji środowiska. Szczególnie istotne jest wykorzystanie biomasy pochodzącej z terenów miejskich do oczyszczania obszarów przemysłowych, w tym terenów pokopalnianych i pohutniczych.

Po zakończeniu procesu sorpcji zużyta biomasa może zostać poddana kontrolowanej obróbce termicznej, prowadzącej do otrzymania materiałów bogatych w związki metali, które mogą znaleźć zastosowanie jako prekursory nanomateriałów oraz katalizatorów procesów technologicznych. Uzyskane rezultaty wskazują, że proponowane rozwiązanie posiada duży potencjał wdrożeniowy i może zostać zastosowane w większej skali jako element gospodarki obiegu zamkniętego, łączący zagospodarowanie odpadów organicznych z remediacją środowiska i odzyskiem cennych materiałów.

1 A.M. Vissers. Leaf phenolics and seaweed tannins. PhD thesis, Wageningen University, 2017.

2 V.L. Christova-Bagdassrian, D. Chohadjieva, M. Atanassova, Int. J. Adv. Res. 2 (2014) 668-674.

3 Ł. Kortyka, J. Lubaj, Ł. Mycka, T. Matula, S. Ptak, D. Babilas, T. Wojtal, L. Blacha, A. Smalcerz, R. Findorak, B. Chmiela, Materials. 18(13) (2025) 3063.

## Wpływ stężenia jonów $\text{Pr}^{3+}$ i $\text{Nd}^{3+}$ na emisję w drugim oknie biologicznym w szklach fosforanowych

Karolina Dej, Marta Kuwik, Wojciech A. Pisarski

*Spektroskopia i Materiały Luminescencyjne, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski*

Szklą fosforanowe stanowią istotną grupę materiałów optycznych ze względu na ich stosunkowo niską energię fononową, wysoką rozpuszczalność jonów lantanowców oraz możliwość wprowadzania domieszek w wyższych stężeniach bez istotnej degradacji właściwości luminescencyjnych. [1]. Jony lantanowców wyróżniają się przejściami 4f-4f o wąskopasmowej emisji i charakterystycznych, ostrych liniach spektralnych. Wiele przejść 4f-4f zachodzi w zakresie bliskiej podczerwieni, co czyni je szczególnie użytecznymi w systemach fotonicznych operujących w zakresie promieniowania tzw. okien biologicznych [2]. W kontekście fotoniki i medycyny, szczególne znaczenie przypisuje się drugiemu oknu biologicznemu (NIR II, 1000-1300 nm), które w porównaniu do obszarów NIR I (700-900 nm) i NIR III (1500-1800 nm) cechuje się mniejszym rozpraszaniem promieniowania i absorpcją w tkankach biologicznych. Z tego względu materiały emitujące promieniowanie w zakresie drugiego okna biologicznego są intensywnie badane pod kątem zastosowań w nieinwazyjnej diagnostyce i obrazowaniu biologicznym [3]. Domieszkowanie szkieł fosforanowych jonami  $\text{Nd}^{3+}$  oraz  $\text{Pr}^{3+}$  prowadzi do otrzymania systemu emitującego promieniowanie w szerokim zakresie bliskiej podczerwieni, obejmując zarówno NIR II, jak i NIR I [4].

Celem badań była synteza i analiza właściwości luminescencyjnych szkieł fosforanowych w funkcji stężenia jonów neodymu i prazeodymu. Analiza została ukierunkowana na ocenę wpływu stężenia jonów aktywnych na charakter emisji w zakresie bliskiej podczerwieni, istotnym z punktu widzenia zastosowań fotonicznych. Na podstawie widm emisji zarejestrowanych dla próbek pojedynczo domieszkowanych jonami  $\text{Nd}^{3+}$  i  $\text{Pr}^{3+}$  w stężeniu 0,05-1,5 %mol wyznaczono szerokość spektralną pasm emisyjnych (FWHM), długość fali przy maksimum intensywności oraz pola powierzchni pasm, umożliwiające porównawczą analizę zmian charakteru emisji wraz ze wzrostem stężenia domieszek. Czas życia luminescencji szkieł został obliczony w oparciu na krzywych zaniku luminescencji, co pozwoliło na opis dynamiki procesów relaksacyjnych w badanych układach.

- 1 G. Galleani, S. H. Santagneli, Y. Messaddeq, M. de Oliveira, H. Eckert, *Phys. Chem.Chem. Phys.* 19 (2017) 21612-21624.
- 2 J. Pisarska, M. Sołtys, L. Żur, W. A. Pisarski, C. K. Jayasankar, *Appl. Phys. B* 116 (2014) 837-845.
- 3 G. Hong, J. T. Robinson, Y. Zhang, S. Diao, A. L. Antaris, Q. Wang, H. Dai, *Angew. Chem. Int. Ed.* 51 (2012) 9818-9821.
- 4 K. Brahmachary, D. Rajesh, S. Babu, Y. C. Ratnakaram, *J. Mol. Struct.* 1064 (2014) 6-14.

## **Wykorzystanie spektroskopii UV-Vis do wstępnej charakterystyki oddziaływań diklofenaku sodu z surfaktantami**

Justyna Bawiec, Monika Geppert-Rybczyńska

*Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Techniki eksperymentalne wykorzystywane w chemii analitycznej odgrywają istotną rolę w badaniu oddziaływań międzycząsteczkowych, które mają znaczenie zarówno pod względem farmaceutycznym, jak i środowiskowym. Szczególnie interesującym obiektem badań są układy surfaktant - API (API - substancje aktywne farmakologiczne), w których obecność miceli może istotnie wpływać na rozpuszczalność, stabilność oraz biodostępność substancji aktywnych. Zrozumienie tych oddziaływań stanowi ważny element w projektowaniu układów dostarczania leków.

Celem prezentowanych badań była analiza wpływu budowy surfaktantów na oddziaływanie z diklofenakiem sodu z zastosowaniem spektrofotometrii UV-Vis. Do badań wykorzystano takie surfaktanty jak bromek dodecylotrimetyloamoniowy, DTAB oraz wybrane chlorki estrów N-alkilobetain (CmBetCnCl) różniące się położeniem dodecyłowego łańcucha węglowodorowego, który może być obecny w grupie aminowej lub estrowej. Charakterystykę oddziaływań surfaktantów z API oparto na analizie widm absorpcyjnych UV-Vis diklofenaku sodu wykonanych dla badanych układów. Dyskutowano zmiany intensywności pasm oraz przesunięć maksimów absorpcji w obecności wybranych związków powierzchniowo czynnych.

Zróznicowanie efektów obserwowanych dla poszczególnych surfaktantów wskazuje na istotną rolę oddziaływań hydrofobowych i elektrostatycznych w kształtowaniu zachowania diklofenaku sodu w środowisku micelarnym. Otrzymane wyniki potwierdzają, że spektrofotometria UV-Vis jest efektywną metodą oceny oddziaływań w układach surfaktant - API oraz może stanowić punkt wyjścia do dalszych badań w zakresie projektowania układów o znaczeniu farmakologicznym i pożądanym właściwościach fizykochemicznych.

## Modyfikacja właściwości fizykochemicznych pochodnych fenantroimidazolu poprzez zmianę układu aromatycznego w pozycji C2

Agnieszka Krawiec, Agata Szłapa-Kula, Michał Filapek, Sławomir Kula

*Instytut Chemii, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Czy układ pierścieni aromatycznych w pozycji C2 pochodnych fenantroimidazolu wpływa na ich właściwości fizykochemiczne? Aby rozwiązać ten problem, w tych badaniach porównano dwie pochodne fenantroimidazolu posiadające podstawnik trifenyleń-2-yłowy oraz piren-1-yłowy w pozycji C2. Wspomniane pochodne otrzymano poprzez reakcję kondensacji fenantren-9,10-dionu oraz odpowiedniego aldehydu aromatycznego. Budowa związków została potwierdzona metodami spektroskopii NMR  $^1\text{H}$  i  $^{13}\text{C}$ . Właściwości termiczne badanych pochodnych określono przy użyciu analizy termogravimetrycznej (TGA) oraz skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC), dzięki czemu wyznaczono takie parametry jak temperatura zeszklenia, topnienia, rozkładu czy 5% ubytku masy. Badania optyczne polegające na pomiarach widm absorpcji i emisji przeprowadzono w rozpuszczalnikach o różnej polarności. Pomimo podobnej budowy chemicznej analizowane związki wykazują odmienne właściwości emisyjne. Dla pochodnej zawierającej układ trifenyleń-2-yłowy obserwuje się emisję pochodzącą ze stanów lokalnie wzbudzonych ( $^1\text{LE}$ ), natomiast dla pochodnej z podstawnikiem piren-1-yłowym dominują cechy charakterystyczne dla wewnątrzcząsteczkowego transfer ładunku ( $^1\text{ICT}$ ) [1]. Różnice te wskazują, że zmiana układu aromatycznego istotnie wpływa na naturę stanów wzbudzonych. Równocześnie zaobserwowano zmianę właściwości elektrochemicznych takich jak energia aktywacji, potencjał jonizacji czy przerwa energetyczna. W celu lepszego zrozumienia obserwowanych zjawisk wykonano obliczenia DFT, wyznaczając orbitale HOMO i LUMO. Analiza teoretyczna potwierdziła wpływ rodzaju podstawionego układu aromatycznego na rozkład gęstości elektronowej oraz właściwości fizykochemiczne. Uzyskane wyniki dostarczają informacji dotyczących zależności struktura-właściwości dzięki czemu mogą być pomocne w projektowaniu nowych materiałów organicznych o potencjalnych zastosowaniach optoelektronicznych.

1 S. Kula, P. Krawczyk, M. Filapek, A. M. Maroń, J. Lumin. 233 (2021) 117910.

## **Analiza budowy i właściwości 3- i 4- podstawionych pochodnych 1,8-naftalimidów z wykorzystaniem metod spektroskopowych**

Mateusz Korzec, Sonia Kotowicz

*Zespół Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

Pochodne 1,8-naftalimidów stanowią ważną grupę związków o istotnych właściwościach optycznych i biologicznych [1-2]. Znajdują one szerokie zastosowanie m.in. jako sondy fluorescencyjne do wykrywania i oznaczania jonów metali, w elektronice organicznej oraz w obrazowaniu komórkowym [3-5]. Prace nad tą grupą związków obejmują kilkietapową syntezę, analizę strukturalną, a następnie badanie właściwości fizykochemicznych z wykorzystaniem metod spektroskopowych. Do najważniejszych technik pozwalających na analizę budowy i charakterystykę tych układów należą: magnetyczny rezonans jądrowy (NMR), spektrometria absorpcyjna (UV-Vis) oraz fluorescencyjna (PL).

Przeprowadzone badania koncentrują się na wykazaniu różnic we właściwościach analizowanych związków, wynikających z miejsca podstawienia w pierścieniu naftalimidowym, tj. przy atomach węgla w pozycjach C-3 lub C-4 [6]. Analizy te obejmują charakterystykę absorpcji i emisji w różnych rozpuszczalnikach, a także zdolność związków do wykazywania wzmocnionej emisji indukowanej agregacją (ang. aggregation-induced emission - AIE) bądź inhibicji fotoindukowanego przeniesienia elektronu (ang. photoinduced electron transfer - PET). Wyniki badań spektroskopowych dostarczają kluczowych informacji, które pozwalają na projektowanie nowych układów o ściśle zdefiniowanych właściwościach fizykochemicznych, determinujących ich potencjalne zastosowania.

1 Sanaullah, K. Walczak, *Org. Biomol. Chem.* 23 (2025) 6287-6319.

2 P. Gopikrishna, N. Meher, P.K. Iyer, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 10 (2018) 12081-12111.

3 M. Korzec, S. Kotowicz, R. Rzycka-Korzec, E. Schab-Balcerzak, J.G. Małecki, M. Czichy, M. Łapkowski, *J Mater Sci.* 55 (2020) 3812-3832.

4 M. Korzec, K. Malarz, A. Mrozek-Wilczkiewicz R. Rzycka-Korzec, E. Schab-Balcerzak, *Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.* 238 (2020) 118442.

5 M. Korzec, S. Kotowicz, R. Gawecki, K. Malarz, A.Mrozek-Wilczkiewicz, M. Siwy, E. Schab-Balcerzak, *J. Grzelak, S. Maćkowski, Dyes and Pigments* 193 (2021) 109508.

6 M. Korzec, S. Kotowicz, J.G. Małecki, *J. Mater. Chem. C.* 14 (2026) 4121-4134.

