



II Ogólnopolska Konferencja

BIOAKTYWNE ZWIĄZKI  
POCHODZENIA NATURALNEGO

Trzebnica  
9-10 października 2023



MATERIAŁY KONFERENCYJNE



UNIwersytet  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU



Uniwersytet  
Gdański





**UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu**  
**UNIwersytet Gdański**

---

**II OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA**  
**BIOAKTYWNE ZWIĄZKI POCHODZENIA NATURALNEGO**



**Konferencja połączona z jubileuszem 80-tych urodzin**  
**prof. dr. hab. Czesława Wawrzeńczyka**



---

**MATERIAŁY KONFERENCYJNE**  
Trzebnica 9-10 października 2023 r.



## Patronat Honorowy



UNIwersYTET  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU



Uniwersytet  
Gdański



Politechnika  
Wrocławska



Uniwersytet  
Jana Kochanowskiego w Kielcach





## PLATYNOWI SPONSORZY KONFERENCJI



## ZŁOCI SPONSORZY KONFERENCJI



## SREBRNI SPONSORZY KONFERENCJI



## WYSTAWCY



Diag-Med - autoryzowany dystrybutor firmy Bruker Daltonics





## **KOMITET ORGANIZACYJNY**

### **Przewodnicząca:**

dr hab. Anna Chojnacka, prof. UPWr

### **Wiceprzewodniczący:**

dr hab. Filip Boratyński, prof. UPWr

### **Sekretarz:**

dr inż. Marcelina Mazur

### **Członkowie:**

dr Joanna Drzeżdżon; dr inż. Monika Dymarska; dr El-Sayed Ali; Teresa Frosztęga; dr hab. Witold Gładkowski, prof. UPWr; dr inż. Aleksandra Grudniewska; dr inż. Grzegorz Izydorczyk; dr hab. Dagmara Jacewicz, prof. UG; dr inż. Joanna Kozłowska; dr inż. Natalia Niezgoda; dr inż. Ewa Szczepańska; dr Aleksandra Włoch

## **KOMITET NAUKOWY**

### **Przewodniczący:**

prof. dr hab. Czesław Wawrzeńczyk

### **Wiceprzewodniczący:**

dr hab. Witold Gładkowski, prof. UPWr

### **Członkowie:**

dr hab. Anna Chojnacka, prof. UPWr; dr hab. Filip Boratyński, prof. UPWr; dr hab. Barbara Gawdzik, prof. UJK; dr hab. Dagmara Jacewicz, prof. UG; prof. dr hab. Agnieszka Kita; prof. dr hab. Edyta Kostrzewa-Susłow; prof. dr hab. Rafał Latajka; prof. dr hab. Piotr Młynarz; prof. dr hab. Izabela Nowak; prof. dr hab. Teresa Olejniczak; dr hab. Hanna Pruchnik, prof. UPWr; prof. dr hab. Magdalena Rudzińska; prof. dr hab. Piotr Stepnowski; prof. dr hab. Aneta Wojdyło; dr hab. Barbara Żarowska, prof. UPWr

## **REDAKCJA:**

Filip Boratyński, Anna Chojnacka, Joanna Drzeżdżon, Monika Dymarska, Witold Gładkowski, Aleksandra Grudniewska, Joanna Kozłowska, Marcelina Mazur, Natalia Niezgoda, Ewa Szczepańska, Aleksandra Włoch

Wydrukowano na podstawie dostarczonych materiałów.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości, jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2023

© Copyright by Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2023

Druk:

Sowa Sp. z o.o.

ul. Raszyńska 13, 05-500 Piaseczno

Tel.: +48(22) 431 81 40

Fax. +48(22) 431 81 50

e-mail: sowadruk@sowadruk.pl

**ISBN 978-83-951163-2-2**

## SZCZEGÓŁOWY PROGRAM KONFERENCJI

### Poniedziałek – 9 października 2023

8<sup>00</sup>-10<sup>00</sup> REJESTRACJA

10<sup>00</sup>-10<sup>30</sup> OTWARCIE KONFERENCJI, WYSTĄPIENIA GOŚCI

### SESJA NAUKOWA I: IZOLOWANIE, ANALIZA I IDENTYFIKACJA ZWIĄZKÓW NATURALNYCH

*Przewodniczący sesji: prof. dr hab. Paweł Kafarski*

10<sup>30</sup> **Struktura, identyfikacja a bioaktywność związków naturalnych**

prof. dr hab. Bogusław Buszewski

11<sup>00</sup> **Szybka chromatografia gazowa w analizie terpenów**

prof. dr hab. Henryk Jeleń

11<sup>20</sup> **Alkaloidy pirolizydynowe w surowcach roślinnych i produktach pszczelich**

dr hab. Izabela Jasicka-Misiak, prof. UO

11<sup>40</sup> **Zastosowanie rozpuszczalników głęboko eutektycznych do izolowania związków bioaktywnych z wychmielin**

dr inż. Aleksandra Grudniewska

12<sup>00</sup> **Elicytacja jako metoda stymulowania akumulacji związków biologicznie aktywnych w melisie lekarskiej (*Melissa officinalis* L.)**

Mgr inż. Maria Stasińska-Jakubas

12<sup>20</sup> **Nowoczesne rozwiązanie firmy Thermo Fisher Scientific w chromatografii cieczowej HPLC/UHPLC**

mgr inż. Krystyna Niedzielska (prezentacja firmy Polygen)

12<sup>30</sup>-13<sup>00</sup> **Przerwa kawowa połączona z sesją posterową**

### SESJA NAUKOWA II: ZWIĄZKI BIOLOGICZNIE CZYNNE POCHODZENIA ROŚLINNEGO

*Przewodniczący sesji: prof. dr hab. Piotr Wieczorek*

13<sup>00</sup> **Związki flawonoidowe – synteza i biotransformacje**

prof. dr hab. Edyta Kostrzewa-Susłow

13<sup>20</sup> **Flawonoidy soi jako substancje modyfikujące zachowanie mszyc**

prof. dr hab. Beata Gabryś

13<sup>40</sup> **Czynniki kształtujące skład gatunkowy i jakość biomasy glonów**

dr hab. Beata Messyasz, prof. UAM

- 14<sup>00</sup>      **Wpływ warunków środowiskowych na zawartość substancji bioaktywnych w glonach słodkowodnych**  
dr hab. Radosław Pankiewicz, prof. UAM
- 14<sup>20</sup>      **Surowce piwowskie źródłem związków biologicznie aktywnych**  
prof. dr hab. Joanna Kawa-Rygielska
- 14<sup>40</sup>      **Olejki eteryczne i ekstrakty aromatyczne jako substancje aktywne w produktach funkcjonalnych**  
dr inż. Daniel Strub
- 15<sup>00</sup>-15<sup>50</sup>      **Przerwa obiadowa**

### **SESJA NAUKOWA III: ZWIĄZKI NATURALNE W BIOLOGII I MEDYCYNIE**

*Przewodnicząca sesji: prof. dr hab. Kazimiera Wilk*

- 15<sup>50</sup>      **Krótką historią poszukiwań pozostałości leków w środowisku – gdańska perspektywa analityczna**  
prof. dr hab. Piotr Stepnowski
- 16<sup>10</sup>      **Allelochemiczne inspiracje współczesnej farmacji – trzy historie z nadzieją w tle**  
prof. dr hab. Jacek Lipok
- 16<sup>30</sup>      ***Pseudomonas aeruginosa* lekooporny i lekowrażliwy**  
prof. dr hab. Piotr Młynarz
- 16<sup>50</sup>      **Profilowanie aktywności proteaz z SARS-CoV-2**  
prof. dr hab. Marcin Drąg
- 17<sup>10</sup>      **Od nauki do leczenia – impulsy elektryczne w biotechnologii i medycynie. Elektroporacja wapniowa i elektrochemioterapia w leczeniu raka trzustki**  
dr hab. Julia Rudno-Rudzińska, dr hab. inż. Julita Kulbacka
- 17<sup>30</sup>      **Poprawa biodostępności doustnej kannabidiolu (CBD) przy użyciu formuły AdvanDrop®**  
dr inż. Grzegorz Kiełbowicz
- 17<sup>50</sup>      **Rozwiązania Shimadzu w analizie bioaktywnych związków pochodzenia naturalnego. Analiza celowana i niecelowana**  
dr inż. Paweł Stalica (prezentacja firmy Shimpol)
- 18<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>      **Przerwa kawowa połączona z sesją posterową**
- 20<sup>00</sup>      **Uroczysta kolacja**  
  
Podczas kolacji odbędzie się spektakl artystyczny autorstwa Pana Krzysztofa Daukszewicza. To niezwykle wydarzenie zostało ufundowane przez trzy zaprzyjaźnione firmy: CEMIS-TECH, HYDROLAB oraz UNI-EXPORT, którym serdecznie dziękujemy.

**Wtorek – 10 października 2023**

**SESJA NAUKOWA IV: BIOAKTYWNE LIPIDY I PEPTYDY**

*Przewodniczący sesji: prof. dr hab. Roman Gancarz*

- 10<sup>00</sup>      **Nośniki lipidowe dla substancji aktywnych oraz badanie ich wpływu na skórę metodami biofizycznymi**  
prof. dr hab. Izabela Nowak
- 10<sup>20</sup>      **Polimorfizm i metamorfizm metalotionein w metabolizmie cynku oraz miedzi**  
prof. dr hab. Artur Krężel
- 10<sup>40</sup>      **Koniugaty tripeptydów z tiosemikarbazonami – nowe inhibitory tyrozynazy do zastosowań w kosmeceutyce**  
prof. dr hab. Rafał Latajka
- 11<sup>00</sup>      **Kwasy tłuszczowe oleju z owoców rokitnika zwyczajnego jako stymulatory sekrecji insuliny i ligandy receptorów sprzężonych z białkiem G**  
dr hab. Edyta Gendaszewska-Darmach, prof. PŁ
- 11<sup>20</sup>      **Od izoprenoidów przez lipidy do leków. Case study CPL20728051**  
dr inż. Damian Smuga
- 11<sup>40</sup> – 12<sup>10</sup>      **Przerwa kawowa**

**SESJA NAUKOWA V: ENZYMATYCZNE MODYFIKACJE ZWIĄZKÓW NATURALNYCH**

*Przewodniczący sesji: prof. dr hab. Stanisław Lochyński*

- 12<sup>10</sup>      **Nowy wymiar enzymatycznego rozdziału kinetycznego w syntezie związków bioaktywnych**  
prof. dr hab. Ryszard Ostaszewski
- 12<sup>30</sup>      **Bakteryjne oksydoreduktazy do zastosowania w produkcji farmaceutyków**  
dr Agnieszka Wojtkiewicz
- 12<sup>50</sup>      **Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne jako medium w procesach utleniania i redukcji**  
dr inż. Marcelina Mazur
- 13<sup>10</sup>      **Enzymatyczne i chemiczne modyfikacje fosfolipidów**  
dr inż. Natalia Niezgoda
- 13<sup>30</sup>      **Sztuczne mięso – problemy biotechnologiczne (fakty i mity)**  
prof. dr hab. Zbigniew Dobrzański
- 13<sup>50</sup> – 14<sup>50</sup>      **Przerwa obiadowa**

## **SESJA NAUKOWA VI: SYNTEZA I CHEMICZNE MODYFIKACJE ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH**

*Przewodniczący sesji: prof. dr hab. Henryk Koroniak*

- 14<sup>50</sup>      **Winylogowa aktywacja hydrazonowa w syntezie związków biologicznie ważnych**  
prof. dr hab. Łukasz Albrecht
- 15<sup>10</sup>      **Niekonwencjonalne metody wzbogacania związków chiralnych – aspekty samodysproporcjonowania enancjomerów (SDE)**  
dr hab. Alicja Wzorek, prof. UJK
- 15<sup>30</sup>      **Synteza oraz analiza spektroskopowa amidów kwasu lasalowego**  
lic. Zbigniew Kubis
- 15<sup>50</sup>      **Zastosowanie związków koordynacyjnych jonów metali przejściowych jako prekatalizatorów w reakcjach oligomeryzacji i polimeryzacji wybranych olefin**  
dr hab. Dagmara Jacewicz, prof. UG
- 16<sup>10</sup>      **Związki kompleksowe oksowanadu(IV) jako katalizatory oligomeryzacji i polimeryzacji olefin**  
dr Joanna Drzeżdżon
- 16<sup>30</sup>      **Biokoniugaty steroidowe: synteza, badania spektroskopowe i teoretyczne**  
dr hab. Tomasz Pospieszny, prof. UAM
- 17<sup>00</sup>      **Rozdanie nagród i oficjalne zakończenie konferencji**

## LISTA WYKŁADÓW

- W1 Struktura, identyfikacja a bioaktywność związków naturalnych** - Bogusław Buszewski
- W2 Szybka chromatografia gazowa w analizie terpenów** - Henryk Jeleń, Fatema Bakro, Maral Arabi
- W3 Alkaloidy pirolizydynowe w surowcach roślinnych i produktach pszczelich** - Izabela Jasicka-Misiak
- W4 Zastosowanie rozpuszczalników głęboko eutektycznych do izolowania związków bioaktywnych z wychmielin** - Aleksandra Grudniewska, Jarosław Popłoński, Natalia Pastyrzyk
- W5 Elicytacja jako metoda stymulowania akumulacji związków biologicznie aktywnych w melisie lekarskiej (*Melissa officinalis* L.)** - Maria Stasińska-Jakubas, Barbara Hawrylak-Nowak
- W6 Związki flawonoidowe – synteza i biotransformacje** - Edyta Kostrzewa-Susłow, Monika Dymarska, Agnieszka Krawczyk-Łebek, Martyna Perz, Tomasz Janeczko
- W7 Flawonoidy soi jako substancje modyfikujące zachowanie mszyc** - Beata Gabryś, Katarzyna Stec, Bożena Kordan
- W8 Czynniki kształtujące skład gatunkowy i jakość biomasy glonów** - Beata Messyasz
- W9 Wpływ warunków środowiskowych na zawartość substancji bioaktywnych w glonach słodkowodnych** - Radosław Pankiewicz
- W10 Surowce piwowskie źródłem związków biologicznie aktywnych** - Joanna Kawa-Rygielska
- W11 Olejki eteryczne i ekstrakty aromatyczne jako substancje aktywne w produktach funkcjonalnych** - Daniel Jan Strub, Lucyna Balcerzak, Alicja Surowiak, Kinga Baberowska, Zuzanna Bacińska
- W12 Krótka historia poszukiwań pozostałości leków w środowisku – gdańska perspektywa analityczna** - Piotr Stepnowski
- W13 Allelochemiczne inspiracje współczesnej farmacji – trzy historie z nadzieją w tle** - Beata Żyszka-Haberecht, Natalia Schäfer, Jacek Lipok
- W14 *Pseudomonas aeruginosa* lekooporny i lekowrażliwy** - Karolina Anna Mielko, Sławomir Jan Jabłoński, Łukasz Pruss, Dorota Sands, Justyna Milczewska, Marcin Łukaszewicz, Piotr Młynarz
- W15 Profilowanie aktywności proteaz z SARS-CoV-2** - Marcin Drag, Wioletta Rut, Katarzyna Groborz, Linlin Zhang, Xinyuanyuan Sun, Mikołaj Żmudziński, Daniel Strub, Bartłomiej Pawlik, Xinyu Wang, Dirk Jochmans, Johan Neyts, Wojciech Młynarski, Rolf Hilgenfeld, Zongyang LV, Stephanie Patchett, Digant Nayak, Scott J. Snipas, Farid El Oualid, Tony T. Huang, Miklos Bekes, Shaun K. Olsen, Michał Talma, Maria Strub
- W16 Od nauki do leczenia – impulsy elektryczne w biotechnologii i medycynie. Elektroporacja wapniowa i elektrochemioterapia w leczeniu raka trzustki** - Julia Rudno-Rudzińska, Julita Kulbacka, Wojciech Kielan

- W17** Poprawa biodostępności doustnej kannabidiolu (CBD) przy użyciu formuły AdvanDrop® - Grzegorz Kiełbowicz, Paweł Mituła, Radosław Gniłka, Tomasz Tronina
- W18** Nośniki lipidowe dla substancji aktywnych oraz badanie ich wpływu na skórę metodami biofizycznymi - Izabela Nowak
- W19** Polimorfizm i metamorfizm metalotionein w metabolizmie cynku oraz miedzi - Artur Krężel
- W20** Koniugaty tripeptydów z tiosemikarbazonami – nowe inhibitory tyrozynazy do zastosowań w kosmeceutyce – Rafał Latajka, Patrycja Ledwoń, Waldemar Goldeman, Michał Jewgiński, Joanna Rossowska, Anna Maria Papini, Paolo Rovero
- W21** Kwasy tłuszczowe oleju z owoców rokitnika zwyczajnego jako stymulatory sekrecji insuliny i ligandy receptorów sprzężonych z białkiem G - Edyta Gendaszewska-Darmach, Eliza Korkus, Marcin Szustak, Grzegorz Dąbrowski, Sylwester Czaplicki, Maria Koziółkiewicz, Iwona Konopka
- W22** Od izoprenoidów przez lipidy do leków. Case study CPL20728051 - Damian Smuga, Mateusz Mach, Radosław Dzida, Filip Stelmach, Mikołaj Matloka, Katarzyna Bazydło, Krzysztof Dubiel, Jerzy Pieczykolan, Maciej Wieczorek
- W23** Nowy wymiar enzymatycznego rozdziału kinetycznego w syntezie związków bioaktywnych - Ryszard Ostaszewski
- W24** Bakteryjne oksydoreduktazy do zastosowania w produkcji farmaceutyków - Agnieszka M. Wojtkiewicz, Patrycja Wójcik, Mateusz Tataruch, Tomasz Janeczko, Maciej Szaleniec
- W25** Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne jako medium w procesach utleniania i redukcji - Marcelina Mazur, Witold Gładkowski, Aleksandra Grudniewska, Viktoriia Mandryka, Tomasz Janeczko
- W26** Enzymatyczne i chemiczne modyfikacje fosfolipidów - Natalia Niezgoda, Anna Chojnacka
- W27** Sztuczne mięso - problemy biotechnologiczne (fakty i mity) - Zbigniew Dobrzański, Tadeusz Trziszka
- W28** Winylogowa aktywacja hydrazonowa w syntezie związków biologicznie ważnych - Łukasz Albrecht
- W29** Niekonwencjonalne metody wzbogacania związków chiralnych – aspekty samodysporcjonowania enancjomerów (SDE) - Alicja Wzorek
- W30** Synteza oraz analiza spektroskopowa amidów kwasu lasalowego - Zbigniew Kubis, Michał Sulik, Adam Huczyński
- W31** Zastosowanie związków koordynacyjnych jonów metali przejściowych jako prekatalizatorów w reakcjach oligomeryzacji i polimeryzacji wybranych olefin - Dagmara Jacewicz, Kacper Pobłocki, Marta Pawlak, Barbara Gawdzik, Przemysław Rybiński, Katarzyna Jarzemska, Radosław Kamiński, Jacek Malinowski, Joanna Drzeżdżon
- W32** Związki kompleksowe oksowanadu(IV) jako katalizatory oligomeryzacji i polimeryzacji olefin - Joanna Drzeżdżon, Marzena Białek, Shengyu Dai, Huijun Fan, Dagmara Jacewicz
- W33** Biokoniugaty steroidowe: synteza, badania spektroskopowe i teoretyczne – Tomasz Pospieszny

## LISTA PREZENTACJI FIRM

- F1 Nowoczesne rozwiązanie firmy Thermo Fisher Scientific w chromatografii cieczowej HPLC/UHPLC - Krystyna Niedzielska, Polygen
- F2 Rozwiązania Shimadzu w analizie bioaktywnych związków pochodzenia naturalnego. Analiza celowana i niecelowana - Paweł Stalica, Shimpol

## LISTA POSTERÓW

- P1 Retentify: arkusz Excel do analizy GC-MS terpenów i innych lotnych związków pochodzenia roślinnego - Katarzyna Pokajewicz
- P2 Wykorzystanie pozostałości poekstrakcyjnych z glonów pochodzących z różnych stref geograficznych - Łukasz Tabisz, Radosław Pankiewicz, Beata Messyas, Bogusława Łęska
- P3 Biologiczna aktywność ekstraktów pozyskanych z białych szparagów *Asparagus officinalis* L. względem *Fusarium oxysporum* i *Fusarium proliferatum* - Elsie Ayamoh Enow, Monika Urbaniak, Sylwia Ryszczyńska, Agnieszka Waśkiewicz, Łukasz Stępień
- P4 Biomasa roślinna jako źródło cennych olejków naturalnych i zarazem prekursor węgli aktywnych - Agata Przytułska, Wiktoria Dąbrowska, Kacper Rejer, Piotr Nowicki
- P5 Kwas kynureninowy – bioaktywny metabolit obecny w Inie - Magdalena Wróbel-Kwiatkowska, Waldemar Turski, Magdalena Rakicka-Pustułka, Waldemar Rymowicz
- P6 Możliwość zwiększenia zawartości canololu w oleju z gorczycy - Anna Grygier, Kamila Klingsporn, Aleksander Siger, Magdalena Rudzińska
- P7 Różnice zawartości kannabinoidów w wybranych olejkach dostępnych na rynku polskim - Dominik Duczmał, Krystyna Niedzielska, Aleksandra Bazan-Woźniak, Robert Pietrzak
- P8 *Sarracenia purpurea* L. jako źródło związków biologicznie aktywnych - Kinga Maria Pilarska, Magdalena Wróbel-Kwiatkowska
- P9 Substancje kontrolowane pochodzenia roślinnego w badaniach naukowych. Środowisko regulacyjne - Jędrzej Sadowski, Maciej Kaźmierczyk, Marcin Hoffmann
- P10 Wpływ bazy funkcyjnej oraz metody obliczeniowej na orbitale HOMO i LUMO bioaktywnego związku pochodzenia roślinnego: CBD - Mateusz Nowicki, Marcin Hoffmann
- P11 Wpływ olejku eterycznego z czarnuszki na stabilność oleju rzepakowego podczas ogrzewania - Dominik Kmiecik, Katarzyna Kuraszyk, Magdalena Rudzińska
- P12 Wpływ oleju z rokitnika na homeostazę lipidową komórek wątroby HepG2 - Marcin Szustak, Eliza Korkus, Grzegorz Dąbrowski, Sylwester Czaplicki, Maria Koziółkiewicz, Iwona Konopka, Edyta Gendaszewska-Darmach
- P13 Naturalny szampon w kostce oparty na żywicy cedrowej - Natalia Kurinna, Małgorzata Wiśniewska, Teresa Urban, Magdalena Medykowska
- P14 Ziołowa odżywka do paznokci z woskiem sojowym - Vita Vedmedenko, Małgorzata Wiśniewska, Piotr Nowicki, Magdalena Medykowska



- P15 Potencjał przeciwgrzybiczy, przeciwbakteryjny i przeciwutleniający endofitów grzybowych Lasu Mokrzańskiego** - Oliwia Pomarańska, Daria Mykhailova, Anita Dudek, El-Sayed R. El-Sayed, Filip Boratyński
- P16 Aktywność przeciwnowotworowa związków izolowanych z grzybów endofitycznych z Lasu Mokrzańskiego** - Magdalena Kloc, El-Sayed R. El-Sayed, Filip Boratyński, Julita Kulbacka
- P17 Właściwości terapeutyczne kannabinoidów** - Beata Szmigiel-Merena, Daria Kaczmarczyk
- P18 Wykorzystanie modeli komórkowych do oceny bioaktywności związków pochodzenia naturalnego w celu poszukiwania potencjalnych strategii terapeutycznych** - Agnieszka Śmieszek, Ewa Dejnaka, Joanna Sulecka-Zadka, Bożena Obmińska-Mrukowicz
- P19 Zeolity hierarchiczne jako nowoczesne nośniki dla fotodynamicznego uwalniania kurkuminy** - Agnieszka Feliczak-Guzik, Ewelina Musielak, Izabela Nowak
- P20 Związki pochodzenia naturalnego w leczeniu nowotworów u psów – aktualne trendy w weterynaryjnej onkologii** - Aleksandra Pawlak, Ewa Dejnaka, Joanna Sulecka-Zadka, Karolina Kapturska, Bożena Obmińska-Mrukowicz
- P21 Aktywność cytotoksyczna i wpływ na błonę biologiczną  $\beta$ -arylo- $\delta$ -iodo- $\gamma$ -laktonów o potencjale przeciwnowotworowym** - Aleksandra Włoch, Hanna Pruchnik, Aleksandra Hołubniak, Kamila Raczek, Witold Gładkowski
- P22 Wpływ jodolaktonów z pierścieniem benzodioksołowym na potencjał mitochondrialny komórek chłoniaka psa** - Ewa Dejnaka, Marta Henklewska, Witold Gładkowski, Bożena Obmińska-Mrukowicz, Aleksandra Pawlak
- P23 Porównanie wpływu enancjomerycznych jodolaktonów o potencjale przeciwnowotworowym na strukturę i płynność mimetycznych błon komórek nowotworowych i prawidłowych** - Hanna Pruchnik, Jagoda Siodła, Aleksandra Włoch, Witold Gładkowski, Anita Dudek, Paulina Strugała-Danak
- P24 Liposomy fosfolipidowe jako doskonały model do badania wpływu związków bioaktywnych na parametry fizykochemiczne błony** - Hanna Pruchnik, Aleksandra Włoch, Witold Gładkowski
- P25 Aktywność przeciwutleniająca 2'-aminochalkonu i jego pochodnych** - Joanna Kozłowska, Bartłomiej Potaniec, Mirosław Anioł
- P26 Analiza kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 i omega-6 w olejach lnianych dostępnych na polskim rynku** - Natalia Niezgoda, Anna Lisowska
- P27 Receptory związane z białkiem G jako cele molekularne monoacylogliceroli oraz lizofosfadylocholin zawierających izomery kwasu palmitooleinowego** - Eliza Korkus, Marcin Szustak, Grzegorz Dąbrowski, Sylwester Czaplicki, Maria Koziółkiewicz, Iwona Konopka, Edyta Gendaszewska-Darmach
- P28 Aktywność biologiczna selektywnie funkcjonalizowanych rezorcynoarenów** - Mariusz Urbaniak, Barbara Gawdzik, Łukasz Lechowicz
- P29 Chemoenzymatyczne reakcje kaskadowe katalizowane solami miedzi jako efektywna metoda syntezy p-chinoli** - Dominik Koszelewski, Anastasiia Hrunyk, Anna Brodzka, Ryszard Ostaszewski

- P30 Synteza i struktura laktonów z pierścieniem piryd-2-ylowym** - Magdalena Kwiatkowska, Alicja Wzorek
- P31 Synteza jodolaktonów z waniliny** - Anna Dunał, Witold Gładkowski
- P32 Biotransformacje 4'-metyloflawonu w kulturze szczepu *Isaria fumosorosea* KCH J2** - Agnieszka Krawczyk-Łebek, Monika Dymarska, Tomasz Janeczko, Edyta Kostrzewa-Susłow
- P33 Glikozylacja flawonoidów z grupą metylową i nitrową w kulturach entomopatogennych grzybów strzępkowych** - Martyna Perz, Monika Dymarska, Tomasz Janeczko, Edyta Kostrzewa-Susłow
- P34 Biotransformacje ginsenozydów w kulturach bakterii kwasu mlekowego** - Monika Dymarska, Tomasz Janeczko, Edyta Kostrzewa – Susłow, Michael Gänzle
- P35 Zastosowanie wariantu dehydrogenazy alkoholowej z *Lactobacillus kefir* w asymetrycznym transferze wodoru** - Paweł Borowiecki, Aleksandra Rudzka, Beata Zdun, Natalia Antos, Tamara Reiter, Wolfgang Kroutil
- P36 Biotransformacje 2-hydroksy-4'-metylochalkonu oraz 4-hydroksy-4'-metylochalkonu w kulturach bakterii tlenowych** - Joanna Kozłowska, Bartłomiej Potaniec, Mirosław Anioł
- P37 Mikrobiologiczne transformacje 3-butyloftalidu** - Teresa Olejniczak, Joanna Gach, Filip Boratyński, Wiktoria Wójtowicz

# Struktura, identyfikacja a bioaktywność związków naturalnych

**Bogusław Buszewski**

*Kujawsko-Pomorskie Centrum Naukowo-Technologiczne im. prof. Jana Czochralskiego  
w Toruniu, ul. Krasińskiego 5, 87-100 Toruń, Polska*

Związki bioaktywne to substancje pożądane zarówno w badaniach naukowych jak i w wielu gałęziach przemysłu. Charakteryzują się wieloma cennymi właściwościami, które poprawiają jakość produktów oraz wzbogacają je o dodatkowe np. wartości odżywcze czy/i terapeutyczne. Jednym z ważniejszych, jak i mało precyzyjnie opisanych parametrów jest bioaktywność. Poszukiwanie definicji, a szczególnie korelacji między budową substancji biologicznie aktywnej a deskryptorami charakteryzującymi i opisującymi właściwości fizykochemiczne tych indywiduów będzie przedmiotem rozważań podczas tego wykładu. Uwzględnione zostaną też aspekty związane z pozyskaniem substancji biologicznie aktywnych zarówno z materiału roślinnego, jak i innych naturalnych matryc. Tym bardziej, że ściana komórkowa w materiale roślinnym nie jest łatwą matrycą do izolowania związków bioaktywnych, stąd konieczne jest zastosowanie różnych metod, które ułatwią ten proces (przygotowanie próbek). Oczekuje się, że poprzez metody wspomagające np. modyfikację wyjściowego materiału roślinnego uzyskuje się lepsze uwalnianie związków bioaktywnych. Wybór metody jest bardzo ważny zarówno w badaniach analitycznych na poziomie laboratoryjnym, jak i na poziomie przemysłowym, gdzie głównym celem jest wydobycie jak największej ilości, w formie czystej, związków bioaktywnych z matrycy.

W wykładzie przedstawione zostaną też wyniki badań nad opracowaniem nowych metodologii pozyskiwania substancji pochodzenia roślinnego o wysokim stężeniu substancji bioaktywnych z wykorzystaniem ekstrakcji w stanie nadkrytycznym (SFE) wspomaganej enzymami sprzężonej z innymi technikami ekstrakcyjnymi. Otrzymane ekstrakty poddano analizie chromatograficznej jedno- i wielowymiarowej sprzężonej ze spektrometrią mas (MS) (m.in.: TLC x TLC-MS-q-MALDI, GC x GC-TOF/MS, UHPLC/ELSD i UHPLC-MSn). W wykładzie uwzględniono rozważania nad mechanizmem retencji (NPLC, IC, RP HPLC, HILIC) oznaczanych substancji. Wyniki badań wskazują, że zastosowana metodologia pozwoliła na maksymalizację odzysku związków biologicznie czynnych pozyskanych z materiału roślinnego.

# Szybka chromatografia gazowa w analizie terpenów

**Henryk Jeleń<sup>1</sup>, Fatema Bakro<sup>2</sup>, Maral Arabi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu,  
ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, Polska*

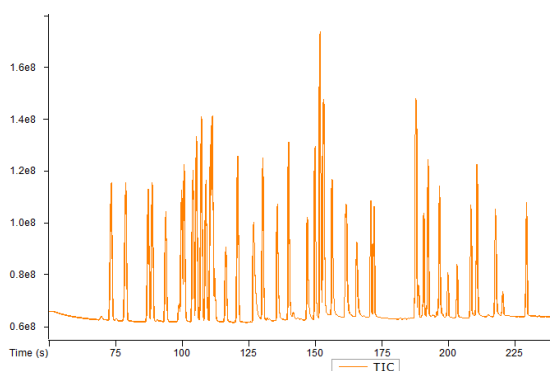
<sup>2</sup>*Instytut Genetyki Roślin PAN, ul. Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań, Polska*

Terpeny są grupą metabolitów wtórnych, które stanowią o aromacie roślin, będąc składnikami olejków eterycznych. Tworzone są także przez mikroorganizmy, będąc cechą charakterystyczną między innymi grzybów strzępkowych, należących do różnych rodzajów i gatunków. Profil terpenów często decyduje o unikalności chemotypów roślin i grzybów, stanowiąc unikalną część ich metabolomu.

Do analizy mono i seskwiterpenów rutynowym narzędziem jest chromatografia gazowa, często z detekcją za pomocą spektrometrii mas. Rozdzielanie mieszanin terpenów z użyciem standardowych kolumn trwa zazwyczaj 20-30 min. Przy badaniach nad volatylomem roślin istotna staje się przepustowość laboratorium, a co jest tego pochodną - skracanie czasu analiz.

Szybka chromatografia gazowa wykorzystująca kolumny typu narrowbore (zazwyczaj o średnicy 0.10 mm) pozwala na znaczne skrócenie czasu analizy i często satysfakcjonujące rozdzielenie złożonych mieszanin zawierających mono i seskwiterpeny w czasie poniżej 10 a nawet 5 min.

W prezentacji przedstawione zostaną metody rozdzielenia terpenów konopi siewnych prowadzone na kolumnach o średnicy 0.10 mm z detekcją za pomocą detektora płomieniowo – jonizacyjnego i kwadrułowego spektrometru mas oraz rozdzielenia terpenów na kolumnie 0.050 mm z wykorzystaniem spektrometru czasu przelotu (TOF) i wodoru jako gazu nośnego (Rys. 1).



Rys. 1 Chromatogram z rozdzielenia mieszaniny 42 terpenów na kolumnie SLB-5 (5 m × 0.050 mm × 0.1 μm) z detekcją ToFMS.

Omówione zostaną wymagania, jakie musi spełniać układ chromatograficzny do szybkich analiz, zalety, ale także wady szybkiej chromatografii gazowej w analizie olejków eterycznych.

## PODZIĘKOWANIA

Badania finansowane częściowo przez NCN (OPUS, 2019/35/B/NZ9/01582).

## Alkaloidy pirolizydynowe w surowcach roślinnych i produktach pszczelich

Izabela Jasicka-Misiak

Uniwersytet Opolski, Instytut Chemii, ul. Oleska 48, 45-052 Opole, Polska

Alkaloidy pirolizydynowe (AP) to grupa co najmniej 600 metabolitów wtórnych, które są wytwarzane przez ponad 6 tys. gatunków roślin na całym świecie. Do głównych źródeł tych substancji zalicza się rośliny z rodzin Boraginaceae, Asteraceae (Senecionae i Eupatoriae) oraz Fabaceae (gatunek *Clotalalia*), które uznawane są za pospolite chwasty, a także rośliny miododajne. AP syntezowane są również w tkankach popularnych roślin zielarskich m.in. w żywokoście lekarskim (*Symphytum officinale* L.), lepiężniku różowym (*Petasites hybridus* L.), podbiale pospolitym (*Tussilago farfara* L.) oraz ogóreczniku lekarskim (*Borago officinalis* L.). Surowce alkaloidowe mogą zanieczyszczać zbierane zioła, zboża, warzywa i przedostawać się do produktów żywnościowych takich jak: mleko, jaja, chleb, miód, suplementy diety, herbaty ziołowe itp., co skutkuje zakażeniem łańcucha pokarmowego. Doniesienia naukowe ostatnich lat wyraźnie wskazują, że AP są dla ludzi hepatotoksycznymi i genotoksycznymi czynnikami rakotwórczymi. Powszechność występowania AP, stwierdzone właściwości toksyczne oraz ich niekontrolowane przyjmowanie stanowią realne zagrożenie dla zdrowia ludzi, a także zwierząt. W wielu krajach wprowadzono zatem prawne ograniczenia dotyczące wykorzystania w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym surowców zawierających alkaloidy pirolizydynowe. W grudniu 2022 r. opublikowano rozporządzenie Komisji UE dotyczące najwyższych dopuszczalnych poziomów alkaloidów pirolizydynowych w niektórych środkach spożywczych. Przepis dotyczy herbat, herbatek ziołowych, herbat aromatyzowanych, suplementów diety, ziół oraz pyłku kwiatowego i suplementów żywnościowych na bazie pyłku.

W trakcie prezentacji przedstawiony zostanie obecny stan wiedzy na temat alkaloidów pirolizydynowych z uwzględnieniem polskiego rynku żywności, w tym możliwość występowania tych związków w miodach, w pyłku kwiatowym i pozostałych produktach pszczelich oraz możliwości ich oznaczania w matrycach spożywczych.



Rys. 1 Żmijowiec zwyczajny (*Echium vulgare* L.) – gatunek rośliny z rodziny ogórecznikowatych, produkujący alkaloidy pirolizydynowe.

## Zastosowanie rozpuszczalników głęboko eutektycznych do izolowania związków bioaktywnych z wychmielin

**Aleksandra Grudniewska, Jarosław Popłoński, Natalia Pastyrczyk**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Chmiel jest jednym z niezbędnych składników stosowanych do produkcji piwa. Charakterystyczny aromat i gorzki smak tego napoju uzyskuje się poprzez dodatek wysuszonych szyszek chmielowych lub pozyskiwanych z nich preparatów w postaci granulatów bądź ekstraktów chmielowych [1]. W przemyśle piwowarskim wykorzystuje się m.in. ekstrakty otrzymywane przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym. Metoda ta umożliwia bardzo efektywne izolowanie gorzkich kwasów i olejków chmielowych [2]. Substancje polarne, w tym flawonoidy i białka, nie są ekstrahowane w tych warunkach i pozostają w produkcie ubocznym tego procesu – wychmielinach [3]. Głównym flawonoidem występującym w szyszkach chmielowych jest ksantohumol. Związek ten posiada działanie m.in. przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwtleniające, przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze [4]. Chmiel jest głównym naturalnym źródłem ksantohumolu i w tym ujęciu wychmieliny stanowią cenny surowiec do jego pozyskiwania. Wychmieliny zawierają ok 30 % białka [5], a więc można je uznać za atrakcyjne źródło protein roślinnych.

W ostatnich latach ogromną popularność zyskują rozpuszczalniki głęboko eutektyczne (DES, ang. deep eutectic solvent). DES-y to mieszaniny, które charakteryzują się znacznie niższą temperaturą topnienia niż ich poszczególne składniki. Rozpuszczalniki te powstają poprzez zmieszanie w odpowiednim stosunku molowym co najmniej dwóch związków, z których jeden pełni funkcję dawcy wiązań wodorowych, a drugi ich akceptora. Do otrzymywania DES najczęściej wykorzystuje się czwartorzędowe sole amoniowe, poliole, amidy, kwasy karboksylowe i cukry. DES-y mają wiele zalet: są łatwe w przygotowaniu, tanie, nietlne, biodegradowalne i wykazują niską toksyczność, dlatego też uznawane są za *zielone rozpuszczalniki* [6].

Podczas wystąpienia zaprezentowane zostaną wyniki badań dotyczące zastosowania DES na bazie chlorku choline do izolowania ksantohumolu i białek z wychmielin.

### PODZIĘKOWANIA

Prezentowane badania były finansowane ze środków MEiN w ramach działania naukowego MINIATURA 2 (Nr 2018/02/X/NZ9/02679).

### LITERATURA

- [1] K. Carbone, V. Macchioni, G. Petrella, D. O. Cicero, *Exploring the potential of microwaves and ultrasounds in the green extraction of bioactive compounds from Humulus lupulus for the food and pharmaceutical industry*, Ind. Crops Prod. **2020**, 156, 112888.
- [2] V. Sanz, M. D. Torres, J. M. López Vilariño, H. Domínguez, *What is new on the hop extraction?* Trends Food Sci. Technol. **2019**, 93, 12–22.
- [3] D. Kostrzewa, A. Dobrzyńska-Inger, E. Rój, *Experimental data on xanthohumol solubility in supercritical carbon dioxide*, Fluid Phase Equilib. **2013**, 360, 445–450.
- [4] J. L. Bolton i in. *The multiple biological targets of hops and bioactive compounds*, Chem. Res. Toxicol. **2019**, 32, 222–233.
- [5] M. Anioł, A. Żołnierczyk, *Extraction of spent hops using organic solvents*, J. Am. Soc. Brew. Chem. **2018**, 66, 208–214.
- [6] B. B. Hansen i in. *Deep eutectic solvents: a review of fundamentals and applications*, Chem. Rev. **2021**, 121, 1232–1285.

# Elicytacja jako metoda stymulowania akumulacji związków biologicznie aktywnych w melisie lekarskiej (*Melissa officinalis* L.)

**Maria Stasińska-Jakubas, Barbara Hawrylak-Nowak**

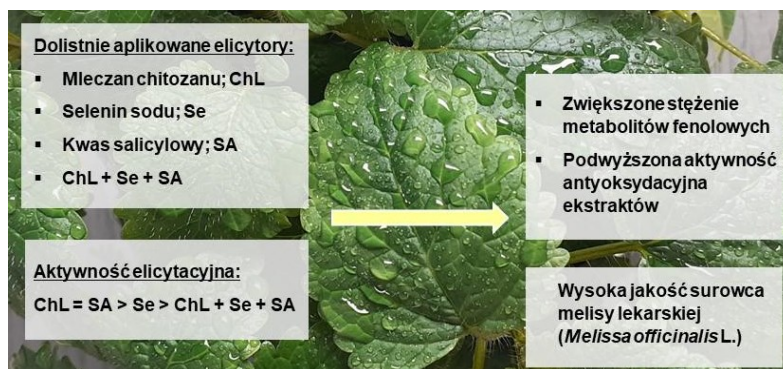
*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Wydział Biologii Środowiskowej, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Polska*

Rośliny jako naturalne źródło związków bioaktywnych odgrywają istotną rolę komercyjną w produkcji farmaceutycznej, kosmetycznej, spożywczej czy agrochemicznej. Jednak, aby pogodzić rosnące wymagania przemysłu z jednocześnie ograniczonymi zasobami roślinności, w ostatnich latach poszukuje się efektywnych metod stymulacji ich metabolizmu w celu zwiększenia akumulacji metabolitów wtórnych. Jednym ze sposobów, szeroko stosowanych w uprawie roślin leczniczych, jest aplikowanie różnego rodzaju elicytorów pobudzających reakcje obronne roślin.

Głównym celem badań było określenie potencjału wybranych elicytorów w stymulowaniu biosyntezy związków fenolowych *in vivo*. Analizowano wpływ trzech dolistnie aplikowanych substancji o różnym charakterze (mleczan chitozanu, ChL – elicytor biotyczny z grupy polisacharydów; kwas salicylowy, SA – elicytor biotyczny z grupy fitohormonów; selenin sodu, Se – elicytor abiotyczny z grupy pierwiastków śladowych) lub ich mieszaniny (ChL+SA+Se; 1:1:1) na wybrane parametry fitochemiczne melisy lekarskiej (*Melissa officinalis* L.).

Zastosowanie elicytorów istotnie wpływało na metabolizm wtórny roślin, zwiększając akumulację związków fenolowych. Największą aktywnością elicytacyjną charakteryzowały się roztwory ChL i SA, nieco słabszą roztwór Se. Nie stwierdzono jednak istotnych zmian zawartości (poli)fenoli po oprysku mieszaniną tych substancji. Spośród analizowanych metabolitów, najsilniejszej indukcji pod wpływem elicytorów ulegało stężenie heksozydu kwasu rozmarynowego, którego poziom wzrastał nawet kilkukrotnie w porównaniu do kontroli. Podobnie istotny wzrost zaobserwowano w przypadku kwasu rozmarynowego. Zastosowane elicytory znacząco zwiększyły również aktywność przeciwutleniającą badanych ekstraktów roślinnych.

Przeprowadzone badania umożliwiły wskazanie najistotniejszych zaleceń dla praktycznego wykorzystania związków naturalnych, tj. ChL i SA, jako skutecznych elicytorów w produkcji doniczkowej wysokiej jakości surowca *M. officinalis*. Metoda ta może być łatwą i opłacalną alternatywą dla technik *in vitro* oraz może znajdować szerokie zastosowanie w produkcji surowców o podwyższonej zawartości pożądaných związków bioaktywnych, a tym samym wysokich walorach prozdrowotnych.



## Związki flawonoidowe – synteza i biotransformacje

**Edyta Kostrzewa-Susłow, Monika Dymarska, Agnieszka Krawczyk-Łebek, Martyna Perz, Tomasz Janeczko**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Charakterystyczne właściwości związków flawonoidowych umożliwiające wykorzystanie ich w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym czy spożywczym spowodowały zintensyfikowanie badań nad sposobami ich syntezy chemicznej, a także możliwościami biotechnologicznych przekształceń tych związków [1,2]. Potencjał terapeutyczny flawonoidów w połączeniu z ich niską toksycznością, w zderzeniu z niedostateczną jeszcze wiedzą na temat metabolizmu tej grupy związków, kieruje uwagę na możliwość wykorzystania biotransformacji, jako metody uzyskiwania nowych, aktywnych biologicznie pochodnych flawonoidowych [3,4].

### LITERATURA

- [1] E. Kostrzewa-Susłow, M. Dymarska, U. Guzik, D. Wojcieszńska, T. Janeczko, *Stenotrophomonas maltophilia: a gram-negative bacterium useful for transformations of flavanone and chalcone*, *Molecules* **2017**, 22, 1830.
- [2] M. Perz, A. Krawczyk-Łebek, M. Dymarska, T. Janeczko, E. Kostrzewa-Susłow, *Biotransformation of flavonoids with -NO<sub>2</sub>, -CH<sub>3</sub> groups and -Br, -Cl atoms by entomopathogenic filamentous fungi*, *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, 24, 9500.
- [3] A. Krawczyk-Łebek, M. Dymarska, T. Janeczko, E. Kostrzewa-Susłow, *Glycosylation of methylflavonoids in the cultures of entomopathogenic filamentous fungi as a tool for obtaining new biologically active compounds*, *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23, 5558.
- [4] A. Włoch, P. Strugała-Danak, H. Pruchnik, A. Krawczyk-Łebek, K. Szczecka, T. Janeczko, E. Kostrzewa-Susłow, *Interaction of 4'-methylflavonoids with biological membranes, liposomes, and human albumin*, *Sci. Rep.* **2021**, 11, 16003.



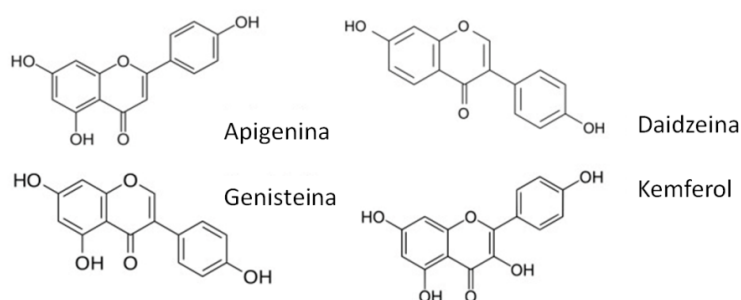
# Flawonoidy soi jako substancje modyfikujące zachowanie mszyc

**Beata Gabryś<sup>1</sup>, Katarzyna Stec<sup>1</sup>, Bożena Kordan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Nauk Biologicznych, Katedra Botaniki i Ekologii,  
ul. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Entomologii,  
Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej, ul. Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn, Polska

Flawonoidy to roślinne związki fenolowe, których aktywność biologiczna obejmuje udział w reakcjach roślin na różne stresy pochodzenia biologicznego i środowiskowego, w tym ochronę przed atakiem owadów roślinożernych. Flawonoidy – apigenina, daidzeina, genisteina, kemferol – wykryte w soi *Glycine max* (L.) Merr. (Fabaceae) (Rys.1), są znane z wywoływania różnych zmian w metabolizmie, zachowaniu i rozwoju owadów roślinożernych. Mszyca grochowa *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) stanowi zagrożenie dla soi, ale wpływ poszczególnych flawonoidów na jej zachowanie związane z żerowaniem jest stosunkowo nieznany.



Rys.1 Flawonoidy izolowane z soi

Celem badań było określenie, czy flawonoidy wykryte w liściach soi mogą zniechęcać mszycę grochową do zasiedlania innych roślin strączkowych, w szczególności grochu. Zachowanie mszycy grochowej związane z penetracją tkanek roślinnych monitorowano na preferowanej roślinie żywicielskiej, *Pisum sativum* L. nietraktowanej (kontrola) i traktowanej 0,1% etanolowymi roztworami flawonoidów apigeniny, daidzeiny, genisteiny i kemferolu. Liście grochu zanurzano w roztworach tych flawonoidów i następnie podawano mszycom. Obserwowano zachowanie mszyc podczas penetracji tkanek roślinnych kłująco-ssącym aparatem gębowym. Zastosowano technikę Electrical Penetration Graph (= elektropenetrografia, EPG), która wizualizuje ruchy sztyletów aparatu gębowego mszyc w tkankach roślinnych.

Mszyce chętnie nakłuwały liście grochu, niezależnie od tego, czy były traktowane flawonoidami, czy nie. Później jednak zachowanie mszyc zmieniało się w zależności od zastosowanego flawonoidu. Apigenina, daidzeina i kemferol powodowały zmniejszenie intensywności pobierania soków roślinnych. Ponadto, daidzeina i kemferol utrudniały mszycom znajdowanie rurek sitowych transportujących sok floemowy – pokarm mszyc. Natomiast genisteina nie wpływała na aktywność żerowania mszyc grochowych. Ustalenia wynikające z prezentowanych badań dają hodowcom roślin i służbom ochrony roślin wskazówki, w jakim kierunku powinny zmierzać ich działania, aby w sposób zrównoważony i przyjazny dla środowiska chronić rośliny strączkowe przed mszycami, a zwłaszcza dostarczają informacji do programów selektywnej hodowli odmian roślin odpornych na *A. pisum*.

# Czynniki kształtujące skład gatunkowy i jakość biomasy glonów

Beata Messyasz

*Zakład Hydrobiologii, Instytutu Biologii Środowiska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 6, 61-614 Poznań, Polska*

Głony nitkowate najczęściej występują w postaci tzw. mat, które unoszą się na powierzchni wody lub są przytwierdzone do podłoża. Struktura maty, przez którą rozumie się sposób rozmieszczenia osobników (plech), wskazuje na organizację przestrzenną i pozwala określić nie tylko czystość materiału do badań (jednorodny, mieszany z domieszką roślin podwodnych), ale także efektywność zbioru (wielkość zbioru). Biomasa, czyli masa osobników danego gatunku w przeliczeniu na jednostkę powierzchni lub objętości, zależy w dużym stopniu od sezonowości jej pojawu oraz warunków środowiskowych, które pozwalają na kolonizację kolejnych miejsc.

Pojawianie, zanikanie i dominacja poszczególnych taksonów zielenic nitkowatych związana jest ze strategią życiową i dotyczy reakcji glonów na zmiany czynników siedliskowych. Zależność między czynnikami siedliskowymi i rozmieszczeniem zielenic nitkowatych wskazuje, że głębokość wody, zawartość chlorków, ortofosforanów, azotanów, całkowita ilość soli rozpuszczonych oraz zawartość chlorofilu *a* w wodzie są kluczowymi parametrami decydującymi o składzie zbiorowisk glonów nitkowatych. Krzywe odpowiedzi dla najbardziej powszechnych taksonów wykazały zróżnicowanie ich nisz ekologicznych. Znaczące różnice stwierdzono nawet dla gatunków należących do jednego rodzaju *Cladophora*, takie jak *C. glomerata*, *C. rivularis* i *C. fracta*, które rozwijały się w odmiennych warunkach siedliskowych.

Wykazano, że zielenica nitkowata *Cladophora glomerata* ma niewielkie wymagania termiczne i świetlne, zwłaszcza w początkowej fazie wzrostu i stąd jej wczesny rozwój wiosną, w warunkach niższej temperatury wody (takson wczesnowiosenny, zimnolubny). Tworzy zwarte maty przed rozpoczęciem sezonu wegetacyjnego. Strategia „wyprzedzania” czasowego pozwala na rozwój jej biomasy przed innymi taksonami makroglonów oraz makrofitami zanurzonymi i sukces konkurencji o pierwiastki biogenne w wodzie i powierzchni. Optymalny skład chemiczny wody dla tego gatunku, pozwalający na wzrost liczby plech w matach i tym samym wzrost powierzchni maty, obejmuje duże stężenia fosforanów i azotu amonowego (stymulacja wzrostu plech na długość). Ponadto zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów w biomasie *C. glomerata* była prawie dwa razy większa niż u pozostałych zielenic. Szczegółowe badania wykazały szeroki zakres reakcji biochemicznych *C. glomerata* w środowisku stresowym.

## PODZIĘKOWANIA

Praca zrealizowana dzięki wsparciu finansowemu Narodowego Centrum Nauki – grant NCN 2018/31/B/NZ8/00280 (kierownik – prof. UAM, dr hab. Radosław Pankiewicz).

## Wpływ warunków środowiskowych na zawartość substancji bioaktywnych w glonach słodkowodnych

Radosław Pankiewicz

*Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Uniwersytetu  
Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

Głony z wód śródlądowych są bardzo bogatym i stosunkowo słabo opisanym źródłem związków bioaktywnych. Związki te mogą stanowić element strukturalny komórek zwiększając zdolność tych organizmów do tworzenia bardziej trwałych mat glonowych lub odpowiadać za pozyskiwanie energii ze światła, np. chlorofil. Stanowią też, swojego rodzaju broń pomocną w osiągnięciu dominacji środowiskowej. W okresie letnim często obserwujemy zjawisko masowych pojawów glonów (Rys.1). Zalegająca wtedy w wodzie biomasa może być pozyskiwana na skalę przemysłową, a następnie przetwarzana. Dzięki temu można uzyskać wiele cennych substancji bioaktywnych wykorzystywanych jako dodatki np. do kosmetyków, żywności lub jako ekologiczny nawóz.



Rys. 1. Biomasa glonowa na jeziorze Oporzyńskim.

Ilość i jakość zawartych w glonach substancji bioaktywnych silnie zależy nie tylko od charakterystyki zbiornika wodnego, w którym się znajdują, ale też od pory roku oraz pogody.

### PODZIĘKOWANIA

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu OPUS 2018/31/B/NZ8/00280.

# Surowce piwowskie źródłem związków biologicznie aktywnych

Joanna Kawa-Rygielska

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

W klasycznej technologii piwowarstwa do podstawowych surowców zaliczamy słód jęczmienny, chmiel oraz wodę. Szacuje się, że 80% związków fenolowych piwa pochodzi ze słodu, a 20% z chmielu [1]. Związki fenolowe kształtują właściwości przeciwutleniające, przez co wpływają na stabilność i jakość piwa podczas przechowywania [5]. Dominującymi związkami fenolowymi w ziarnach jęczmienia są: kwas ferulowy, kwas *p*-kumarowy, katechina, kwercetyna, prodelfinidyna B3, procyanidyna B2, B3 i C2 [1]. Związki fenolowe chmielu, które w największym stopniu odpowiadają za aktywność przeciwutleniającą to: katechina, procyanidyna B3, kwercetyna, kwas galusowy, jak również kwas cynamonowy, kwas kawowy, kwas ferulowy, gallokathechina, ksantohumol. Wśród fenoli chmielu wyróżniającą aktywnością biologiczną odznacza się ksantohumol. Ksantohumol to prenyloflawonoid o aktywności przeciwutleniającej zbliżonej do katechin z zielonej herbaty i kilkukrotnie silniejszej niż aktywność witaminy C i E [3]. Działa przeciwzapalnie, przeciwwirusowo, przeciwbakteryjnie, przeciwnowotworowo, przeciwmiażdżycowo, przeciwmutagennie, antyoksydacyjnie, wspomagająco w chorobach układu pokarmowego oraz zapobiega otyłości [2]. Chmiel jest jednym z nielicznych surowców roślinnych zawierających ten cenny związek. W klasycznym procesie wytwarzania piwa następują straty ksantohumolu wynikające z jego termicznej izomeryzacji do izoksantohumolu. Izoksantohumol powstający podczas gotowania brzojki charakteryzuje się niższą aktywnością biologiczną niż ksantohumol, dlatego dąży się do ograniczenia strat cennych składników poprzez zastosowanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych [4,6].

Podczas wykładu zostaną omówione czynniki surowcowe i technologiczne wpływające na zawartość związków biologicznie aktywnych w surowcach i produktach piwowskich.

## LITERATURA

- [1] D. O. Carvalho, L. F. Guido, *A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles*, Food Chem. **2022**, 372, 131093.
- [2] G. V. de Andrade Silva, G. D. Arend, A. A. F. Zielinski, M. Di Luccio, A. Ambrosi, *Xanthohumol properties and strategies for extraction from hops and brewery residues: A review*, Food Chem. **2022**, 404, 134629.
- [3] M. Karabın, T. Hudcová, L. Jelínek, P. Dostálek, *Biologically active compounds from hops and prospects for their use*, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. **2016**, 15, 542-567.
- [4] A. Mikyška, M. Dušek, M. Slabý, *Effects of the mashing process on polyphenols and antiradical activity of beer*, Eur. Food Res. Technol. **2023**, 249, 71-80.
- [5] J. Wannemacher, M. Gastl, T. Becker, *Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality*, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. **2018**, 17, 953-988.
- [6] H. Zhao, *Effects of processing stages on the profile of phenolic compounds in beer*. W: *Processing and impact on active components in food*, red. V. Preedy, **2015**, Academic Press, 533-539.

## Olejki eteryczne i ekstrakty aromatyczne jako substancje aktywne w produktach funkcjonalnych

**Daniel Jan Strub<sup>1</sup>, Lucyna Balcerzak<sup>1</sup>, Alicja Surowiak<sup>1</sup>, Kinga Baberowska<sup>1,2</sup>,  
Zuzanna Bacińska<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>*Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Biologicznej i Bioobrazowania, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska*

<sup>3</sup>*Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii i Technologii Procesów Chemicznych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska*

Naturalne substancje smakowe i zapachowe, w tym olejki eteryczne, żywice, absoluty, konkrety i oleorezyny są powszechnie stosowane w różnych dziedzinach zainteresowania ludzi, mają ustalone profile toksykologiczne i są uważane za stosunkowo bezpieczne. Choć właściwości sensoryczne tych naturalnych produktów są ważne, to różnorodność strukturalna ich składników sprawia, że nieustannie prowadzone są badania ich aktywności biologicznej i nowych zastosowań praktycznych. Niemniej jednak ich główne zastosowanie jest ograniczone z powodu różnych ograniczeń legislacyjnych i konieczności przeprowadzenia specyficznych badań naukowych, udowadniających ich skuteczność w celu uzyskania niezbędnych rejestracji.

Celem tego doniesienia jest przedstawienie krótkiego przeglądu udowodnionych właściwości i praktycznych zastosowań naturalnych substancji lotnych. Omówione również zostaną nasze bieżące badania naukowe w tym zakresie [1-2] wraz ze wskazaniem potencjalnego zastosowania olejków eterycznych i ekstraktów aromatycznych jako wspomagających środków konserwujących lub aktywnych substancji przeciwdrobnoustrojowych. Ponadto przedstawione zostaną średnio- i długoterminowe perspektywy w tym obszarze.

### LITERATURA

- [1] D.J. Strub, M. Talma, M. Strub, W. Rut, M. Żmudziński, W. Brud, J. Neyts, L. Vangeel, L. Zhang, X. Sun, Z. Lv, D. Nayak, S.K. Olsen, R. Hilgenfeld, D. Jochmans, M. Drąg, *Evaluation of the anti-SARS-CoV-2 properties of essential oils and aromatic extracts*, Sci Rep. **2022**, 12, 14230.
- [2] L. Balcerzak, A. Surowiak, K. Baberowska, Z. Bacińska, D. J. Strub, *Evaluation of biocidal properties of essential oils and aromatic extracts*, manuskrypt w przygotowaniu.

## **Krótką historia poszukiwań pozostałości leków w środowisku – gdańska perspektywa analityczna.**

**Piotr Stepnowski**

*Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk, Polska*

Pozostałości leków są coraz częściej wykrywane w środowisku, przede wszystkim w wodach powierzchniowych, ale również glebach i roślinach uprawnych. Jest to między innymi wynik rosnącej globalnej konsumpcji farmaceutyków zarówno w medycynie jak i weterynarii. Najczęściej wykrywane są antybiotyki, niesteroidowe leki przeciwzapalne i przeciwbólowe, hormony estrogenne, beta-blokery, środki psychotropowe oraz leki przeciwpasożytnicze. Techniki oznaczania tak szerokiej i zróżnicowanej chemicznie grupy analitów, a także badanie dróg ich transportu, trwałości oraz ocena efektywności procesów ich degradacji stanowią jedno z najpoważniejszych wyzwań współczesnej chemii i analityki środowiskowej. W prezentacji przedstawione zostaną najważniejsze osiągnięcia naszego zespołu w zakresie przygotowania próbek środowiskowych i usprawnienia oznaczeń końcowych wybranych farmaceutyków z wykorzystaniem dostępnych technik (m.in. SPE, SPME, ASE, IEA, UAE, GC-MS, LC-MS/MS). Zaprezentowane także zostaną autorskie rozwiązania w zakresie selektywnej derywatyzacji analitów oraz alternatywnych technik ekstrakcji z wykorzystaniem nanorurek węglowych lub cieczy jonowych jako faz odbierających.

## **Allelochemiczne inspiracje współczesnej farmacji – trzy historie z nadzieją w tle**

**Beata Żyszka-Haberecht, Natalia Schäfer, Jacek Lipok**

*Uniwersytet Opolski, Wydział Chemii, ul. Oleska 48, 45-052 Opole, Polska*

Wielolekowa oporność mikroorganizmów staje się coraz częściej artykułowanym problemem w sytuacjach, w których istotne jest selektywne eliminowanie tych form życia, albo znaczące ograniczenie ich proliferacji. Chociaż termin ten wywodzi się ze współczesnej medycyny, farmacji, czy weterynarii i związany jest ze stosowaniem antybiotyków, zjawisko wielolekowej oporności mikroorganizmów w coraz większym stopniu dotyczy także produkcji roślinnej i funkcjonowania ekosystemów poddanych antropopresji. Jednym z wciąż efektywnych sposobów przeciwdziałania temu zjawisku jest poszukiwanie nowych antybiotyków, o strukturach molekuł różniących się istotnie od substancji stosowanych do tej pory. Znakomitymi źródłami związków chemicznych wykazujących takie cechy są wielogatunkowe biocenozy, w których funkcjonuje gęsta sieć relacji allelochemicznych. Zaś niezwykle użytecznym narzędziem ułatwiającym znalezienie nowego antybiotyku może być skrining biotechnologiczny.

Rośliny jako organizmy fotoautotroficzne wykazują wiele unikatowych cech metabolizmu, co przekłada się na zdolności do biosyntezy bardzo różnorodnych połączeń chemicznych. Dzięki temu, od bardzo wczesnego etapu rozwoju cywilizacji po dzień dzisiejszy, metabolity roślin wykorzystywane są powszechnie także jako składniki pożywienia, pestycydy i leki. Szczególnie interesujące w kontekście współczesnego wykorzystania metabolitów roślin jako leków są sytuacje, w których inspiracją tych działań bywają wskazania wywodzące się z wielowiekowej tradycji. Zajmującym przykładem może być zastosowanie metabolitów roślin jako komponentów transdermalnych systemów dostarczania leków.

Nie mniej inspirująca okazuje się możliwość wykorzystania allelozwiązków wytwarzanych przez cyjanobakterie (sinice) - filogenetycznie najstarsze poznane do tej pory organizmy fototroficzne. Te niezwykle Gram-ujemne bakterie fotosyntezujące wykazują imponującą zdolność zasiedlania nieoptymalnych biotopów, w których jako organizmy pionierskie szybko zaczynają dominować w grupie producentów. Sprzyja temu dynamiczna proliferacja sinic oraz pozakomórkowe wydzielanie allelozwiązków - cyjanotoksyn, których zadaniem jest prawdopodobnie ugruntowanie dominacji tych mikroorganizmów w zasiedlonych biocenozach. Wśród cyjanotoksyn wskazano co najmniej kilka substancji reprezentujących mikrocystyny oraz cylindrospermopsyny, które wykazują interesujące właściwości przeciwnowotworowe.

## ***Pseudomonas aeruginosa* lekooporny i lekowrażliwy**

**Karolina Anna Mielko<sup>1</sup>, Sławomir Jan Jabłoński<sup>2</sup>, Łukasz Pruss<sup>1,3</sup>, Dorota Sands<sup>4</sup>,  
Justyna Milczewska<sup>4</sup>, Marcin Łukaszewicz<sup>2</sup>, Piotr Młynarz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370*

*Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Wrocławski, Wydział Biotechnologii, ul. Fryderyka Joliot-Curie 14a, 50-383*

*Wrocław, Polska*

<sup>3</sup>*Ardigen, Podole 76, 30-394 Kraków, Polska*

<sup>4</sup>*Instytut Matki i Dziecka, Marcina Kasprzaka 17a, 01-211 Warszawa, Polska*

Bakteria *Pseudomonas aeruginosa* jest uznawana za powszechny ludzki patogen, ale ze względu na wielolekową oporność należy ona do grupy bakterii typu ESKAPE. Naturalna oporność tych organizmów jest wielofunkcyjna i spowodowana tworzeniem biofilmu oraz produkcją specyficznych enzymów. Cecha ta może prowadzić do zwiększonej zachorowalności i śmiertelności leczonych pacjentów chorych na mukowiscydozę. Rozpoznanie oporności na antybiotyki na różnych poziomach molekularnych ma kluczowe znaczenie dla szerszych badań dotyczących możliwości eradykacji tej bakterii z organizmu. Jedną z metod, która pozwala na obserwowanie przepływów związków o niskiej masie cząsteczkowej w szlakach biochemicznych jest metabolomika.

W przeprowadzonym badaniu porównano dwa szczepy *P. aeruginosa* – wrażliwy i oporny na antybiotyki szczep wyizolowany od pacjentów cierpiących na mukowiscydozę. W obu przypadkach za pomocą spektroskopii <sup>1</sup>H NMR zostały zanalizowane pierwszorzędowe metabolity wewnątrz- i zewnątrzkomórkowe, wraz z przeprowadzeniem wieloczynnikowej i jednoczynnikowej analizy danych. Ponadto do analizy szlaków metabolicznych wykorzystano pakiet FELLA.

Wyniki wskazują, że oba szczepy *P. aeruginosa* mają różny metabolom. Najbardziej znaczące różnice stwierdzono w metabolizmie aminokwasów [1]. Dodatkowo uzyskano wielowektorowe informacje molekularne o szczepach lekoopornych i lekowrażliwych *P. aeruginosa*.

### **LITERATURA**

[1] K. A. Mielko, S. J. Jabłoński, Ł. Pruss, J. Milczewska, D. Sands, M. Łukaszewicz, P. Młynarz, *Metabolomics comparison of drug-resistant and drug-susceptible Pseudomonas aeruginosa strain (intra- and extracellular analysis)*, Int. J. Mol. Sci. **2021**, 22, 10820.



## Profilowanie aktywności proteaz z SARS-CoV-2

**Marcin Drag<sup>1</sup>, Wioletta Rut<sup>1</sup>, Katarzyna Groborz<sup>1,9</sup>, Linlin Zhang<sup>2,3,4,9</sup>, Xinyuanyuan Sun<sup>2,3,4</sup>, Mikołaj Żmudziński<sup>1</sup>, Daniel Strub<sup>1</sup>, Bartłomiej Pawlik<sup>5,6</sup>, Xinyu Wang<sup>7</sup>, Dirk Jochmans<sup>7</sup>, Johan Neyts<sup>7</sup>, Wojciech Młynarski<sup>5</sup>, Rolf Hilgenfeld<sup>2,4,8</sup>, Zongyang LV<sup>9</sup>, Stephanie Patchett<sup>11</sup>, Digant Nayak<sup>9,10</sup>, Scott J. Snipas<sup>12</sup>, Farid El Oualid<sup>13</sup>, Tony T. Huang<sup>11</sup>, Miklos Bekes<sup>14</sup>, Shaun K. Olsen<sup>9,10</sup>, Michał Talma<sup>15</sup>, Maria Strub<sup>16</sup>**

<sup>1</sup>*Katedra Chemii Biologicznej i Bioobrazowania, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 29, 50-370 Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Institute of Molecular Medicine, University of Lübeck, Lübeck, Germany*

<sup>3</sup>*Institute of Biochemistry, Center for Structural and Cell Biology in Medicine, University of Lübeck, Lübeck, Germany*

<sup>4</sup>*German Center for Infection Research (DZIF), Hamburg-Lübeck-Borstel-Riems Site, University of Lübeck, Lübeck, Germany*

<sup>5</sup>*Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska*

<sup>6</sup>*Studium Medycyny Molekularnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska*

<sup>7</sup>*Laboratory of Virology and Chemotherapy, Department of Microbiology, Immunology and Transplantation, Rega Institute, KU Leuven, Leuven, Belgium*

<sup>8</sup>*Center for Brain, Behavior, and Metabolism, University of Lübeck, Lübeck, Germany*

<sup>9</sup>*Medical University of South Carolina, Charleston, SC 29425, USA*

<sup>10</sup>*Department of Biochemistry and Structural Biology University of Texas Health Science Center at San Antonio, San Antonio, TX 78229, USA*

<sup>11</sup>*Department of Biochemistry and Molecular Pharmacology, New York University School of Medicine, New York, NY 10016, USA*

<sup>12</sup>*Sanford Burnham Prebys Medical Discovery Institute, La Jolla, CA 92037, USA*

<sup>13</sup>*UbiQ Bio B.V., 1098 XH, Amsterdam, Netherlands*

<sup>14</sup>*Independent Consultant*

<sup>15</sup>*Katedra Chemii Bioorganicznej, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370, Wrocław, Polska*

<sup>16</sup>*Liquid Technologies sp. z o.o, Gdańska 13, 50-344, Wrocław, Polska*

Proteazy są kluczowymi graczami w rozwoju chorób wirusowych. Ostatnie badania pokazują, że proteazy działają w sieci, która obejmuje aktywność wielu różnych enzymów proteolitycznych w tym samym czasie. Nasza grupa opracowała niedawno technologię otrzymywania nowych rodzajów ultraczułych narzędzi chemicznych (substratów, inhibitorów, activity-based probes) dla głównych rodzin ważnych medycznie proteaz. Korzystając z tej nowatorskiej, unikalnej i bardzo wydajnej technologii o nazwie Hybrid Combinatorial Substrate Library (HyCoSuL) wykazaliśmy, że specyficzność substratowa proteazy może być znacznie zwiększona poprzez zastosowanie nienaturalnych aminokwasów w sekwencji peptydowej. W grudniu 2019 r. zdiagnozowano pierwsze przypadki zakażenia nowym koronawirusem, SARS-CoV-2. Aby rozwiązać ten pojawiający się problem, skupiliśmy się na proteazach SARS-CoV-2-Plpro i SARS-CoV-2-Mpro, które stanowią jeden z najbardziej atrakcyjnych celów leków przeciwwirusowych. Użyliśmy kombinatorycznej biblioteki substratów i przeprowadziliśmy kompleksowe profilowanie aktywności obu proteaz. Wykład przedstawi nowoczesne techniki tworzenia narzędzi do badania SARS-CoV-2-Plpro i SARS-CoV-2-Mpro, koncentrując się na charakterystyce biochemicznej, bioobrazowaniu, strukturach krystalicznych i właściwościach przeciwwirusowych, a także zapewni ramy strukturalne do projektowania inhibitorów jako środków przeciwwirusowych i/lub testów diagnostycznych.

# Od nauki do leczenia – impulsy elektryczne w biotechnologii i medycynie. Elektroporacja wapniowa i elektrochemioterapia w leczeniu raka trzustki

**Julia Rudno-Rudzińska<sup>1</sup>, Julita Kulbacka<sup>2</sup>, Wojciech Kielan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, II Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Chirurgii Onkologicznej, Borowska 211, Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Biologii Molekularnej i Komórkowej, Borowska 211a, Wrocław, Polska*

Elektroporacja, czyli ultrakrótkie impulsy elektryczne umożliwiają tymczasową reorganizację lipidów błon komórkowych. Zjawisko to powoduje wytworzenie „nanoporów”, czyli dodatkowych dróg transportu dla mikro- i makrocząsteczek np. leków. Gwałtowna zmiana potencjału błony komórkowej i naruszenie jej funkcji ochronnej, powoduje zaburzenie homeostazy komórki, uruchamiając mechanizmy apoptotyczne lub nekrotyczne [1]. Metoda ta jest efektywnie stosowana w biotechnologii, medycynie oraz przemyśle spożywczym. Duże wyzwania stanowią nowotwory głęboko usytuowane, unaczynione, z pierwotną lub wtórną opornością lekową. W tej grupie plasuje się również rak trzustki, który stanowi około 3% nowotworów w Polsce. Zajmuje on 10 miejsce u mężczyzn i 12 miejsce wśród kobiet pod względem zachorowalności oraz 6 miejsce u mężczyzn i 7 miejsce u kobiet pod względem umieralności. Pozycja ta jest wyższa dlatego, że rak trzustki jest nowotworem o bardzo złym rokowaniu. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zachorowalności na nowotwory trzustki zwłaszcza wśród populacji kobiet. Ze względu na początkowy brak objawów nowotwór ten rozpoznawany jest późno. Operacja resekcyjna możliwa jest u około 20 % chorych (z których tylko 20% będzie całkowicie wyleczona). Większą grupą chorych są pacjenci, u których ze względu na stadium zaawansowania pozostaje leczenie jedynie paliatywne lub objawowe, które praktycznie nie różni się skutecznością. Ułożenie anatomiczne trzustki nie pozwala na stosowanie technik ablacyjnych, termicznych ze względu na bliskie sąsiedztwo naczyń krwionośnych oraz przewodów żółciowych. Dlatego pojawienie się nowej metody ablacyjnej, która nie wywołuje istotnego efektu termicznego wydaje się w leczeniu tego nowotworu atrakcyjne. W tym przypadku zastosowanie znajduje nieodwracalna elektroporacja (IRE, *ang. Irreversible Electroporation*), która polega na umieszczeniu elektrod w tkance guza i podaniu krótkich impulsów elektrycznych (do 100  $\mu$ s) o natężeniu pola elektrycznego w zakresie 1.5-3.0 kV/cm. Metoda ta wydaje się bardziej atrakcyjna od termo- czy krioablacji ze względu na znikomy efekt termiczny, a przez to brak możliwości uszkodzenia struktur takich jak naczynia krwionośne czy drogi żółciowe. Dodatkowo połączenie IRE z chemioterapeutykiem lub jonami wapnia poprawia skuteczność tej metody, co ma ogromne znaczenie w szczególności u pacjentów, u których standardowa chemioterapia nie działa, a zabiegi chirurgiczne są niemożliwe. Ponadto, zabiegi z zastosowaniem IRE obniżają dolegliwości bólowe oraz powodują przyrost masy ciała a co za tym idzie poprawę jakości życia pacjentów.

## PODZIĘKOWANIA

Badanie finansowane przez Agencję Badań Medycznych, Polska, projekt IREC nr 2020/ABM/01/00098/P/02 (PI: prof. Wojciech Kielan).

## LITERATURA

[1] O. N. Pakhomova, B. Gregory, I. Semenov, A. G. Pakhomov, *Calcium-mediated pore expansion and cell death following nanoelectroporation*, *Biochim Biophys Acta - Biomembr.* **2014**, 1838, 2547–2554.

# Poprawa biodostępności doustnej kannabidiolu (CBD) przy użyciu formuły AdvanDrop®

**Grzegorz Kielbowicz<sup>1</sup>, Paweł Mituła<sup>1</sup>, Radosław Gnilka<sup>1</sup>, Tomasz Tronina<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Healthcann S.A., Klecińska 123, 54-413 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. Norwida 25 50-375 Wrocław, Polska

Konopie (*Cannabis sativa* L.) są jednymi z najstarszych uprawianych roślin o unikalnych właściwościach leczniczych. Spośród ich bioaktywnych związków, kannabidiol (CBD) wyróżnia się ze względu na szeroki potencjał terapeutyczny w różnych zaburzeniach neurologicznych, takich jak epilepsja i drgawki [1, 2], psychozy [3], lęk [4], zaburzenia ruchu (np. choroba Huntingtona i stwardnienie zanikowe boczne) [5] oraz stwardnienie rozsiane [6]. Jednak biodostępność doustna CBD jest ograniczona z powodu jego słabej rozpuszczalności w wodzie oraz intensywnego metabolizmu pierwszego przejścia. Niniejsze badanie przedstawia nową kompozycję, AdvanDrop®, która znacząco zwiększa i przyspiesza wchłanianie CBD z układu pokarmowego.

W badaniach farmakokinetyki przetestowano skuteczność formuły AdvanDrop® w porównaniu z tradycyjnym CBD w oleju MCT. Wyniki wskazują, że formuła AdvanDrop® osiągnęła lepsze parametry farmakokinetyczne, takie jak  $C_{max}$ ,  $T_{max}$  oraz  $T_{1/2}$ , AUC<sub>0-8h</sub> w porównaniu do CBD w oleju MCT. Ustalenia te sugerują, że formuła AdvanDrop® może stanowić obiecujące narzędzie do zwiększenia stabilności i biodostępności doustnie przyjmowanego CBD, maksymalizując tym samym jego potencjał terapeutyczny.

Przedstawione badanie oferuje przełomowe podejście do zwiększenia biodostępności CBD, torując drogę bardziej skutecznym zastosowaniom terapeutycznym tego kannabinoidu.

## PODZIĘKOWANIA

Jesteśmy wdzięczni dr Janne Mannila, dr Juho Hokkanen oraz mgr Hanna-Maria Knaappila za przeprowadzenie eksperymentów farmakokinetycznych i przygotowanie raportu.

## LITERATURA

- [1] M. E. Hofmann, C. J. Frazier, *Marijuana, endocannabinoids, and epilepsy: potential and challenges for improved therapeutic intervention*, Exp. Neurol. **2013**, 244, 43-50.
- [2] N. A. Jones, A. J. Hill, I. Smith, S. A. Bevan, C. M. Williams, B. J. Whalley, G. J. Stephens, *Cannabidiol displays antiepileptiform and antiseizure properties in vitro and in vivo*, J Pharmacol. Exp. Ther. **2010**, 332, 569-577.
- [3] F. M. Leweke, J. K.; Mueller, B. Lange, C. Rohleder, *Therapeutic potential of cannabinoids in psychosis*, Biol. Psychiatry **2016**, 79, 604-612.
- [4] M. M. Bergamaschi, R. H. C. Queiroz, M. H. N. Chagas, D. C. G. De Oliveira, B. S. De Martinis, F. Kapczinski, J. Quevedo, R. Roesler, N. Schröder, A. E. Nardi, *Cannabidiol reduces the anxiety induced by simulated public speaking in treatment-naïve social phobia patients*, Neuropsychopharmacology **2011**, 36, 1219-1226.
- [5] E. de Lago, J. Fernandez-Ruiz, *Cannabinoids and neuroprotection in motor-related disorders*, CNS & Neurol. Disord Drug Targets. **2007**, 6, 377-387.
- [6] National Academies Sciences Engineering Medicine, *The health effects of cannabis and cannabinoids: the current state of evidence and recommendations for research*, **2017**.

## **Nośniki lipidowe dla substancji aktywnych oraz badanie ich wpływu na skórę metodami biofizycznymi**

**Izabela Nowak**

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu  
Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

Formulacje na bazie lipidów, w tym produkty półstałe typu emulsyjnego, przyczyniły się do znaczących osiągnięć w opracowywaniu leków, w tym szczepionek oraz dostarczaniu terapeutycznych biomolekuł w wielu terapiach. Ponad dwudziestokilkuletnie prace w zakresie syntezy i stabilności obniżyły na tyle koszty produkcji (nano)cząstek lipidowych, że stało się możliwe ich zastosowanie w chemii farmaceutycznej i kosmetycznej. Główną korzyść związaną z cząstkami lipidowymi to zdolność do zwiększenia penetracji składników aktywnych w głąb skóry. Nośniki lipidowe działają głównie w naskórku, ale mogą także (w zależności od wielkości cząstek i ich składu) docierać do głębszych warstw skóry. W porównaniu z innymi systemami (nano)cząstek pochodzenia z rodzaju tlenków metali, jonów metali czy innego nieorganicznego, całkowita biodegradacja cząstek lipidowych zapewnia im szczególne miejsce. Ponadto, potencjał (nano)cząstek lipidowych w zakresie przenoszenia i uwalniania składników aktywnych w głębszych warstwach skóry doprowadził do obiecujących perspektyw dla produktów leczniczych i kosmeceutycznych. Podczas wykładu zostaną przedstawione przykłady wykorzystania (nano)cząstek lipidowych do enkapsulowania wybranych substancji aktywnych.

Jednocześnie, w miarę jak nowe metody biofizyczne stają się dostępne dla badaczy skóry, ważne jest, aby zrozumieć rodzaj informacji, które są one w stanie zmierzyć i jak odnoszą się one do postrzegania przez konsumentów miejscowych efektów na skórze. Podczas wykładu zostaną przedstawione nowoczesne metody badania skuteczności działania półstałych preparatów aplikowanych na skórę.

### **PODZIĘKOWANIA**

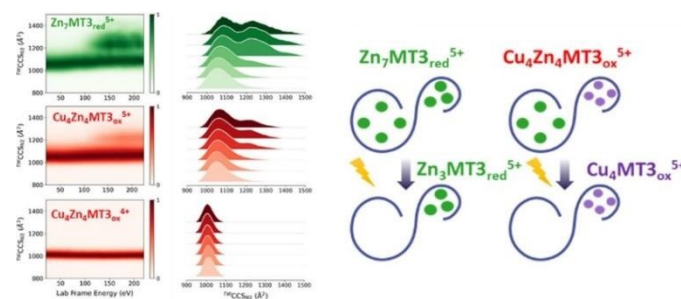
Praca została zrealizowana w ramach projektu "Zaawansowane biokompozyty dla gospodarki jutra BIOG-NET", finansowanego przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (POIR.04.04.00-00-1792/18-00).

# Polimorfizm i metamorfizm metalotionein w metabolizmie cynku oraz miedzi

Artur Krężel

*Zakład Chemii Biologicznej, Wydział Biotechnologii, Uniwersytet Wrocławski,  
Joliot-Curie 14a, 50-383 Wrocław*

Metalotioneiny ssące (MT1-4) to niskocząsteczkowe (~7kDa) policysteinowe białka uczestniczące w metabolizmie jonów Zn(II) i Cu(I) oraz odpowiedzialne za nieodwracalne wiązanie jonów metali toksycznych [1]. Wiadomo, że kontrola komórkowej homeostazy cynku obejmuje buforowanie Zn(II) w stężeniach piko- do nanomolowych, rozległą subkomórkową redystrybucję, ładowanie pęcherzyków egzocytotycznych niskocząsteczkowymi kompleksami Zn(II) oraz kontrolę sygnalizacji jonowej Zn(II) [1,2]. Kontrola homeostazy miedzi jest zdecydowanie odmienna ze względu na aktywność redoks samych jonów Cu(I)/Cu(II) i obejmuje ich precyzyjny dystrybucję od transportera CTR1 do białek miedziowych z udziałem wyspecjalizowanych chaperonów, co powoduje, że stężenie wolnych jonów Cu(I) jest ~10 rzędów niższe niż Zn(II). Metalotioneiny nie są białkami homogennymi jakby to wynikało z badań biofizycznych ( $Zn_7MT$  czy  $Cu_8MT$ ) gdyż naturalnie występują w postaci form częściowo wysyconych jonami Zn(II) o różnych strukturach ( $Zn_{4-6}MT$ ), stabilności i reaktywności. Owe formy odpowiadają za komórkowe buforowanie i dystrybucję jonów Zn(II) [3]. Udział metalotionein w homeostazie miedzi jest bardziej enigmatyczny gdyż wszystkie izoformy MT zidentyfikowane w różnych tkankach to kompleksy mieszane  $Zn_xCu_yMT$ , co ukazuje ich wspólną rolę w homeostazie Zn(II) i Cu(I) [1,4]. To w jaki sposób tworzą się kompleksy mieszane MT1-4 i jaka jest ich rola łącząca metabolizm obu pierwiastków nie jest jasne i stanowi cel naszych badań. Wykład poświęcony będzie opisowi tworzenia się heterogennych kompleksów MT z Zn(II) i Cu(I), badaniom nad ich strukturą, stabilnością czy reaktywnością rzucając tym samym światło na ich rolę w metabolizmie obu metali u ludzi.



## PODZIĘKOWANIA

Badania zaprezentowane w wykładzie finansowane były przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) w ramach grantów OPUS o numerach 2018/31/B/NZ1/00567 i 2021/43/B/NZ1/02961 kierowanych przez prezentującego.

## LITERATURA

- [1] A. Krężel, W. Maret, *The bioinorganic chemistry of mammalian metallothioneins*, Chem. Rev. **2021**, 121, 14594-14648.
- [2] A. Krężel, W. Maret, *Dual nanomolar and picomolar Zn(II) binding properties of metallothionein*, J. Am. Chem. Soc. **2007**, 129, 10911-10921.
- [3] M. D. Peris-Díaz, R. Guran, C. Domene, V. de Los Rios, O. Zitka, V. Adam, A. Krężel, *An integrated mass spectrometry and molecular dynamics simulations approach reveals the spatial organization impact of metal-binding sites on the stability of metal-depleted metallothionein-2 species*, J. Am. Chem. Soc. **2021**, 143, 16486-16501.
- [4] M. D. Peris-Díaz, S. Wu, K. Mosna, E. Liggett, A. Barkhanskiy, A. Orzeł, P. Barran, A. Krężel, *Structural characterization of Cu(I)/Zn(II)-metallothionein-3 by ion mobility mass spectrometry and top-down mass spectrometry*, Anal. Chem. **2023**, 95, 10966-10974.

## Koniugaty tripeptydów z tiosemikarbazonami – nowe inhibitory tyrozynazy do zastosowań w kosmeceutyce

**Rafał Latajka<sup>1</sup>, Patrycja Ledwoń<sup>1,2</sup>, Waldemar Goldman<sup>1</sup>, Michał Jewgiński<sup>1</sup>, Joanna Rossowska<sup>3</sup>, Anna Maria Papini<sup>4</sup>, Paolo Rovero<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>University of Florence, Department of Neurosciences, Psychology, Drug Research and Child Health Section of Pharmaceutical Sciences and Nutraceutics, Sesto Fiorentino, Włochy

<sup>3</sup>Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN, ul Weigla 12, 53-114 Wrocław, Polska

<sup>4</sup>University of Florence, Department of Chemistry "Ugo Schiff", Sesto Fiorentino, Włochy

Tyrozynaza występuje u większości organizmów, a jej rolą jest utlenianie substratów fenolowych do odpowiednich chinonów, co stanowi początkowy etap w szlaku biosyntezy melanin. Enzym jest zatem odpowiedzialny za pigmentację skóry, włosów i oczu oraz za proces enzymatycznego brązowienia w warzywach i owocach. Nieprawidłowa aktywność tyrozynazy skutkuje nadprodukcją melanin, co z kolei jest przyczyną licznych dermatologicznych schorzeń hiperpigmentacyjnych. Inhibitory tyrozynazy znajdują szerokie zastosowanie w medycynie, przemyśle kosmetycznym, spożywczym oraz w rolnictwie [1].

Spośród wielu grup potencjalnych inhibitorów tego enzymu, w ostatniej dekadzie duże zainteresowanie wzbudzają pochodne tiosemikarbazonów. Nasze dotychczasowe badania potwierdziły duży potencjał inhibicyjny tych związków, jednak ich selektywność nie była zadowalająca [2-4]. Kolejnym krokiem podjętych badań była synteza koniugatów krótkich peptydów z tiosemikarbazonami i przebadanie ich pod kątem inhibicji enzymu i procesu melanogenezy.

### LITERATURA

- [1] K. Hałdys, R. Latajka, *Thiosemicarbazones with tyrosinase inhibitory activity*, Med. Chem. Commun. **2019**, 10, 378-389.
- [2] K. Hałdys, W. Goldman, M. Jewgiński, E. Wolińska, N. Anger, J. Rossowska, R. Latajka, *Inhibitory properties of aromatic thiosemicarbazones on mushroom tyrosinase: Synthesis, kinetic studies, molecular docking and effectiveness in melanogenesis inhibition*, Bioorg. Chem. **2018**, 81, 577-586.
- [3] K. Hałdys, W. Goldman, M. Jewgiński, E. Wolińska, N. Anger-Góra, J. Rossowska, R. Latajka, *Halogenated aromatic thiosemicarbazones as potent inhibitors of tyrosinase and melanogenesis*, Bioorg. Chem. **2020**, 94, 103419.
- [4] K. Hałdys, W. Goldman, N. Anger-Góra, J. Rossowska, R. Latajka, *Monosubstituted acetophenone thiosemicarbazones as potent inhibitors of tyrosinase: synthesis, inhibitory studies and molecular docking*, Pharmaceuticals **2021**, 14, 74.

# Kwasy tłuszczowe oleju z owoców rokitnika zwyczajnego jako stymulatory sekrecji insuliny i ligandy receptorów sprzężonych z białkiem G

**Edyta Gendaszewska-Darmach<sup>1</sup>, Eliza Korkus<sup>1</sup>, Marcin Szustak<sup>1</sup>, Grzegorz Dąbrowski<sup>2</sup>, Sylwester Czaplicki<sup>2</sup>, Maria Koziółkiewicz<sup>1</sup>, Iwona Konopka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź, Polska*

<sup>2</sup>*Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn, Polska*

Cukrzyca stała się jedną z najbardziej rozpowszechnionych chorób i dotyka około 463 milionów dorosłych [1]. Interwencje dietetyczne, które promują zmiany stylu życia, mogą być stosowane jako alternatywa do kontrolowania homeostazy glukozy, a wiele fitozwiązków obecnych w diecie okazało się mieć interesujący profil przeciwcukrzycowy.

Bardzo rzadki wśród roślin kwas palmitooleinowy (C16:1 n-7, POA) występuje w dużych ilościach w oleju otrzymywanym z miąższu rokitnika zwyczajnego (*Hippophae rhamnoides* L.). Unikalne właściwości POA takie jak niska temperatura topnienia (0,5–1 °C) i dobra stabilność oksydacyjna są korzystne z punktu widzenia przygotowywania żywności. Po raz pierwszy wykazaliśmy udział receptorów sprzężonych z białkiem G (GPCR) w działaniu przeciwcukrzycowym indukowanym przez składniki olejów z miąższu owoców rokitnika zwyczajnego. Nasze badania dowodzą, że wolne kwasy tłuszczowe uwolnione podczas lipolizy olejów, a zwłaszcza POA, są odpowiedzialne za indukowanie wydzielania insuliny z komórek  $\beta$  trzustki linii MIN6 oraz EndoC-  $\beta$ H1, a sekrecja insuliny jest zależna od aktywacji GPCR, w tym GPR40, GPR119 i GPR120 [2,3].

## PODZIĘKOWANIA

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr 2018/31/B/NZ9/02433.

## LITERATURA

- [1] P. Saeedi, I. Petersohn, P. Salpea, B. Malanda, S. Karuranga, N. Unwin, S. Colagiuri, L. Guariguata, A.A. Motala, K. Ogurtsova, J.E. Shaw, D. Bright, R. Williams, *Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition*, Diabetes Res. Clin. Pract. **2019**, 157, 107843.
- [2] E. Korkus, G. Dąbrowski, M. Szustak, S. Czaplicki, R. Madaj, A. Chworoś, M. Koziółkiewicz, I. Konopka, E. Gendaszewska-Darmach, *Evaluation of the anti-diabetic activity of sea buckthorn pulp oils prepared with different extraction methods in human islet EndoC-betaH1 cells*, NFS J. **2022**, 2, 54-66.
- [3] E. Korkus, M. Szustak, R. Madaj, A. Chworoś, A. Drzazga, M. Koziółkiewicz, G. Dąbrowski, S. Czaplicki, I. Konopka, E. Gendaszewska-Darmach, *Trans palmitoleic acid, a dairy fat biomarker, stimulates insulin secretion and activates G protein-coupled receptors with a different mechanism from the cis isomer*, Food Funct. **2023**, 14, 6496-6512.

# Od izoprenoidów przez lipidy do leków. Case study CPL20728051

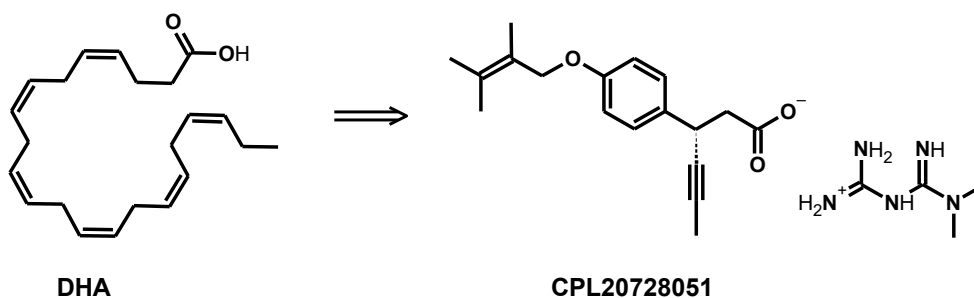
**Damian Smuga, Mateusz Mach, Radosław Dzida, Filip Stelmach, Mikołaj Matloka,  
Katarzyna Bazydło, Krzysztof Dubiel, Jerzy Pieczykolan  
Maciej Wieczorek**

*Celon Pharma, Laboratorium Analiz Fizykochemicznych, Dział Chemii Medycznej,  
ul. Marymoncka 15, 05-152 Kazuń Nowy, Polska*

Proces tworzenia leków jest z zasady innowacyjny i wymaga przede wszystkim zrozumienia zarówno mechanizmów biologicznych wystąpienia danej jednostki chorobowej jak również molekularnych oddziaływań pomiędzy rozwijaną cząsteczką, a celem biologicznym (np. enzymem lub receptorem). Z punktu widzenia struktury cząsteczki możliwe jest zastosowanie wszelkich możliwych technik i rozwiązań (m.in. HTS, QSAR) w poszukiwaniu nowych, unikalnych struktur wykazujących odpowiednie powinowactwo do receptora oraz charakteryzujących się właściwościami fizykochemicznymi i biologicznymi pozwalającymi na uzyskanie jak najlepszej biodostępności, a tym samym wysokiej ekspozycji związku, przy jak najniższym dawkowaniu niezbędnym do uzyskania pożądanego efektu terapeutycznego.

Niejednokrotnie racjonalne przeszukiwanie bibliotek związków (screen HTS) lub selekcja związków w oparciu o oddziaływania (farmakofor, dokowanie) prowadzi do wyselekcjonowania związków aktywnych, ale obarczonych niekorzystnymi parametrami ADMET, np. brakiem stabilności lub toksycznością związku.

Efektywna droga selekcji i rozwoju cząsteczki może być prowadzona w oparciu o racjonalne podobieństwo do endogennych ligandów i/lub użycia elementów strukturalnych występujących w związkach naturalnych, tak jak związek CPL20728051 (Rys.1), selektywny agonista GPR40 rozwijany w leczeniu cukrzycy typu II oraz neuropatii. Cząsteczka ta jest owocem zastosowania wielu nieoczywistych rozwiązań mających swoje korzenie w prostych cząsteczkach naturalnych.



Rys. 1. Rozwój struktury CPL20728051.

## PODZIĘKOWANIA

Badania współfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (POIR.01.01.01-00-0334/17).



## Nowy wymiar enzymatycznego rozdziału kinetycznego w syntezie związków bioaktywnych

Ryszard Ostaszewski

*Instytut Chemii Organicznej PAN, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa, Polska*

Reakcje rozdziału kinetycznego katalizowane przez enzymy (EKR) są ważnym narzędziem w syntezie związków o wysokiej wartości dodanej takiej jak: leki, kosmetyki, agrochemikalia i inne. Reakcje takie wykonywane są w wodzie lub rozpuszczalnikach organicznych i jako biokatalizatory stosowane są całe komórki lub ich części, preparaty zawierające enzymy; takie jak proszki acetonowe z wątroób zwierzęcych i inne. Zastosowanie czystych i wyizolowanych enzymów jest możliwe, ale procesy ich wyodrębniania oraz oczyszczania znacznie podnoszą koszt biokatalizatorów. Zastosowanie enzymów natywnych jest związane z dużymi trudnościami związanymi z ich wysoką selektywnością substratową, wąskim zakresem pH, w jakim utrzymują one wysoką aktywność, procesami inhibicji przez substraty i/lub produkty oraz niską stabilnością w podwyższonych temperaturach. Dlatego też poszukiwane są metody zwiększenia efektywności procesów EK i, o ile to możliwe, połączenia ich z innymi reakcjami w kaskady reakcji prowadzące do powstawania jednego wybranego produktu. W ramach wykładu zostaną przedstawione nowe metody umożliwiające podniesienie efektywności enzymatycznego rozdziału kinetycznego. Ponadto zostanie przedstawiona oraz rozwinięta koncepcja chemoenzymatycznych reakcji kaskadowych dających złożone związki bioaktywne.

### PODZIĘKOWANIA

Badania były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS Nr. 2019/33/B/ST4/01118.

## Bakteryjne oksydoreduktazy do zastosowania w produkcji farmaceutyków

**Agnieszka M. Wojtkiewicz<sup>1</sup>, Patrycja Wójcik<sup>1</sup>, Mateusz Tataruch<sup>1</sup>, Tomasz Janeczko<sup>2</sup>,  
Maciej Szaleniec<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN, ul. Niezapominajek 8,  
30-239 Kraków, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Związki steroidowe stanowią obecnie jedną z największych grup leków, a ich synteza i modyfikacja mają ogromne znaczenie dla przemysłu farmaceutycznego. Bakterie rozkładające cholesterol w środowisku naturalnym są bogatym źródłem enzymów zdolnych do prowadzenia regio- i stereoselektywnej modyfikacji steroidów. Przykładami takich biokatalizatorów są enzymy izolowane z fakultatywnego beztlenowca *Sterolibacterium denitrificans*: steroidowa C25 dehydrogenaza (S25DH) prowadząca hydroksylację przy C25 łańcucha alifatycznego różnych steroidów oraz 3-ketosteroidowe  $\Delta^1$ -dehydrogenazy (KstD) katalizujące odwodornienie pomiędzy węglami C1 i C2 pierścienia A łańcucha steranowego.

Na przykładzie S25DH i syntezy 25-OH-witaminy D<sub>3</sub> oraz 25-OH-cholesterolu zaprezentowany zostanie sposób rozpuszczania steroidów do stężeń mM w środowisku wodnym [1]. Zaś na przykładzie enzymów KstD zostanie przedstawiona analiza strukturalna i funkcjonalna dużej i różnorodnej rodziny enzymów KstD [2].

Dla enzymów KstD z *S. denitrificans* zostanie przedstawiona charakterystyka biochemiczna i potencjał aplikacyjny do syntezy szerokiej gamy steroidów, takich jak pochodne progesteronu, testosteronu, diosgenonu [3, 4] oraz triterpenów, takich jak pochodna lupeolu.

### PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują za finansowanie badań ze środków statutowych IKiFP PAN oraz projektów NCN.

### LITERATURA

- [1] A. Rugor, M. Tataruch, J. Staroń, A. Dudzik, E. Niedziałkowska, P. Nowak, A. Hogendorf, A. Michalik-Zym, D. B. Napruszewska, A. Jarzębski, K. Szymańska, W. Białas, M. Szaleniec, *Regioselective hydroxylation of cholecalciferol, cholesterol and other sterol derivatives by steroid C25 dehydrogenase*, Appl. Microbiol. Biotechnol. **2017**, 101, 1163-1174.
- [2] P. Wójcik, M. Glanowski, B. Mrugała, M. Prochner, O. Zastawny, M. Flejszar, K. Kurpiewska, E. Niedziałkowska, W. Minor, M. Osajca, A. J. Bojarski, A. Wojtkiewicz, M. Szaleniec, *Structure, mutagenesis, and QM:MM modeling of 3-ketosteroid  $\Delta^1$ -dehydrogenase from Sterolibacterium denitrificans – the role of a new putative membrane-associated domain and proton-relay system in catalysis*, Biochemistry, **2023**, 62, 808-823.
- [3] M. Wojtkiewicz, P. Wójcik, M. Prochner, M. Flejszar, M. Osajca, M. Hochołowski, M. Tataruch, B. Mrugała, T. Janeczko, M. Szaleniec, *The efficient  $\Delta^1$ -dehydrogenation of a wide spectrum of 3-ketosteroids in a broad pH range by 3-ketosteroid dehydrogenase from Sterolibacterium denitrificans*, J. Steroid Biochem. Mol. Biol., **2020**, 202, 105731.
- [4] A. M. Wojtkiewicz, M. Glanowski, P. Waligórski, T. Janeczko, M. Szaleniec, *1,2-Hydrogenation and transhydrogenation catalyzed by 3-ketosteroid  $\Delta^1$ -dehydrogenase from Sterolibacterium denitrificans—kinetics, isotope labelling and QM:MM modelling studies*, Int. J. Mol. Sci. **2022**, 23, 14660.

## Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne jako medium w procesach utleniania i redukcji

**Marcelina Mazur, Witold Gładkowski, Aleksandra Grudniewska, Viktoriia Mandryka, Tomasz Janeczko**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne (DES – deep eutectic solvents), to specyficzne mieszaniny dwóch lub więcej substancji, które przy pewnym stosunku molowym wykazują znaczne obniżenie temperatury topnienia, w porównaniu ze składnikami, z których zostały sporządzone. Uważane są za "zielone rozpuszczalniki", łatwo ulegające biodegradacji, nietoksyczne, niedrogie oraz łatwe w przygotowaniu [1,2]. Z uwagi na wymienione zalety cieszą się rosnącym zainteresowaniem jako rozpuszczalniki stosowane w procesach syntezy chemicznej, ekstrakcji lub biotransformacji, gdzie stanowią alternatywę dla tradycyjnych rozpuszczalników organicznych.

W prezentacji zostaną przedstawione możliwości zastosowania DES-ów w procesach z udziałem biokatalizatorów, w szczególności jako medium w procesie redukcji, jak również utlenienia związków karbonylowych. Procesy uwodornienia prowadzone były z udziałem całych komórek drożdży jako biokatalizatorów i umożliwiały selektywną redukcję  $\alpha,\beta$ -nienasyconych ketonów takich jak benzylidenowe pochodne cyklopentanonu oraz chalkony odpowiednio do benzylowych pochodnych cyklopentanonu oraz dihydrochalkonów. W drugim z omawianych przypadków DES-y stanowiły medium w procesie chemoenzymatycznego utlenienia typu Baeyera-Villigera  $\alpha$ -benzylocyklopentanonów co umożliwiło otrzymanie odpowiednich pochodnych laktonowych. W tych badaniach jako efektywny katalizator procesu zastosowana została lipaza B z *Candida antarctica* [3].

### PODZIĘKOWANIA

Badania zostały sfinansowane przez: Narodowe Centrum Nauki, numer grantu: DEC-2019/03/X/NZ9/01684 (MINIATURA 3) oraz z Projektu Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Ścieżka IV „Selektywna bioredukcja prowadzona w zielonych rozpuszczalnikach jako efektywna metoda otrzymywania 4-hydroksydihydrochalkonów” numer projektu N090/0005/23.

### LITERATURA

- [1] M. Pätzold, S. Siebenhaller, S. Kara, A. Liese, C. Syltatk, D. Holtmann, *Deep eutectic solvents as efficient solvents in biocatalysis*, Trends Biotechnol. **2019**, 37, 943–959.
- [2.] F. M. Perna, P. Vitale, V. Capriati, *Deep eutectic solvents and their applications as green solvents*, Curr. Opin. Green Sustain. Chem. **2020**, 21, 27–33.
- [3] M. Mazur, T. Janeczko, W. Gładkowski, *Lipase-mediated Baeyer-Villiger oxidation of benzylcyclopentanones in ester solvents and deep eutectic solvents*, Sci. Rep. **2022**, 12, 14795.

# Enzymatyczne i chemiczne modyfikacje fosfolipidów

**Natalia Niezgoda, Anna Chojnacka**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Metody chemiczne i enzymatyczne w modyfikacji fosfolipidów znajdują zastosowanie między innymi w celu zapewnienia odpowiedniej funkcjonalności, zwiększenia stabilności lub biodostępności związków fosfolipidowych. Wzbogacanie struktury fosfolipidów o dodatkowy składnik funkcjonalny, posiadający szerokie spektrum właściwości biologicznych otwiera nowe możliwości wykorzystania tychże związków jako nośników leków, nutraceutyków i składników żywności funkcjonalnej i kosmetykach.

Niniejsze wystąpienie stanowi przegląd badań prowadzonych w Katedrze Chemii Żywności i Biokatalizy Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, dotyczących otrzymywania nowych koniugatów fosfolipidowych zawierających fragmenty związków biologicznie czynnych niewystępujących naturalnie w fosfolipidach oraz fosfolipidów wzbogaconych w specyficzne kwasy tłuszczowe o właściwościach prozdrowotnych (fosfolipidy strukturalne).

Opisano chemiczne metody syntezy fosfolipidów zawierających izomery sprzężonego kwasu linolowego (CLA) [1], dehydroepiandrosteron (DHEA) [2,3] oraz wybrane niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) w pozycji *sn*-1 i/lub *sn*-2 [4] oraz właściwości biologiczne polegające na działaniu antyproliferacyjnym otrzymanych koniugatów wobec wybranych linii komórek nowotworowych. Opisano również enzymatyczne metody modyfikacji naturalnych fosfolipidów prowadzące do ich wzbogacenia w bioaktywne wielonienasycone kwasy tłuszczowe [5-9].

## LITERATURA

- [1] N. Niezgoda, A. Gliszczyńska, W. Gładkowski, K. Kempieńska, J. Wietrzyk, C. Wawrzeńczyk, *Phosphatidylcholine with cis-9,trans-11 and trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid isomers: synthesis and cytotoxic studies*, Aust. J. Chem. **2015**, 68, 1065-1075.
- [2] M. Kłobucki, A. Grudniewska, D. A. Smuga, M. Smuga, J. Jarosz, J. Wietrzyk, G. Maciejewska, C. Wawrzeńczyk, *Synthesis and antiproliferative activities of novel phosphatidylcholines containing dehydroepiandrosterone moieties*, Steroids **2017**, 118, 109-118.
- [3] D. A. Smuga, M. Smuga, A. Świzdor, A. Panek, C. Wawrzeńczyk, *Synthesis of dehydroepiandrosterone analogues modified with phosphatidic acid moiety*, Steroids **2010**, 75, 1146-1152.
- [4] M. Kłobucki, A. Urbaniak, A. Grudniewska, B. Kocbach, G. Maciejewska, G. Kielbowicz, M. Ugorski, C. Wawrzeńczyk, *Syntheses and cytotoxicity of phosphatidylcholines containing ibuprofen or naproxen moieties*, Sci. Rep. **2019**, 9, 220.
- [5] A. Chojnacka, W. Gładkowski, G. Kielbowicz, A. Gliszczyńska, N. Niezgoda, C. Wawrzeńczyk, *Lipase-catalyzed interesterification of egg-yolk phosphatidylcholine and plant oils*, Grasas y Aceites **2014**, 65, e053.
- [6] A. Chojnacka, W. Gładkowski, G. Kielbowicz, C. Wawrzeńczyk, *Enzymatic enrichment of egg-yolk phosphatidylcholine with  $\alpha$ -linolenic acid*, Biotechnol. Lett. **2009**, 31, 705-709.
- [7] A. Chojnacka, W. Gładkowski, A. Grudniewska, *Lipase-catalyzed transesterification of egg-yolk phosphatidylcholine with concentrate of n-3 polyunsaturated fatty acids from cod liver oil*, Molecules **2017**, 22, 1771.
- [8] A. Chojnacka, W. Gładkowski, A. Gliszczyńska, N. Niezgoda, G. Kielbowicz, C. Wawrzeńczyk, *Synthesis of structured phosphatidylcholine containing punicic acid by the lipase-catalyzed transesterification with pomegranate seed oil*, Catal. Commun. **2016**, 75, 60-64.
- [9] N. Niezgoda, A. Gliszczyńska, *Lipase catalyzed acidolysis for efficient synthesis of phospholipids enriched with isomerically pure cis-9,trans-11 and trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid*, Catalysts **2019**, 9, 1012.

## Sztuczne mięso - problemy biotechnologiczne (fakty i mity)

**Zbigniew Dobrzański<sup>1</sup>, Tadeusz Trziszka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,  
ul. Chelmońskiego 38C, 51-630 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny,  
ul. Chelmońskiego 37A, 51-630 Wrocław, Polska

Mięso sztuczne (inne nazwy: komórkowe, laboratoryjne, *in vitro*, animal free-meat itd.) to nic innego jak wynik zachodzących między sobą skomplikowanych reakcji biologicznych i chemicznych w bioreaktorze. W tym celu potrzebne jest wyizolowanie komórek macierzystych lub mioblastów z tkanek zwierząt (najczęściej od drobiu lub bydła) i ich dalsza umiejętna hodowla w warunkach laboratoryjnych – na pożywkach umożliwiających różnicowanie się i proliferację, przy zastosowaniu jadalnych elementów rusztowania (np. z kolagenu), tak by uzyskać trójwymiarową masę [1,2]. Prace nad technologią produkcji sztucznego mięsa trwają od 2000 r. w wielu uniwersytetach i firmach biotechnologicznych (głównie w USA – Dolina Krzemowa, Holandii, Izraelu, Australii i Wielkiej Brytanii), a pierwszym który spożył to mięso (wyhodowany w laboratorium burger z komórek krowy) był holenderski profesor Mark Post. Odbędzie się to 5 sierpnia 2013 r. w Londynie. Koszt pozyskania tego mięsa z komórek macierzystych wyniósł 250 tys. EUR, a fundatorem był Amerykanin Sergiej M. Brin. Mięso sztuczne (*in vitro*) nie może być mylone z imitacją mięsa, które jest żywnością wegańską (białko roślinne).

Głównym problemem jest stosowanie biologicznie aktywnych składników medium, pobudzające wzrost i różnicowanie miocytów, jak hormony (np. insulina, hormony tarczycy, hormon wzrostu) i czynniki wzrostowe (np. miogeniny), które są dzisiaj niezwykle kosztowne. Potrzebne byłyby ich tanie zamienniki. W tym kierunku trwają też prace nad wyeliminowaniem dodatku do medium surowicy płodowej (najczęściej z płodów cieląt), co budzi pewne „opory” natury etycznej. Problemem technicznym jest zapewnienie ciągłych dostaw super czystej wody, której zużycie jest wielokrotnie większe w porównaniu do produkcji tradycyjnego kotleta czy burgera.

Sztuczne mięso jest komercyjnie produkowane tylko w Singapurze od 2021 r. (nuggetsy z kurczaka – 23 USD/porcja), natomiast w UE nie ma zgody na produkcję i sprzedaż, chociaż trwają prace legislacyjne nad zmianą tej sytuacji [4]. Czy sztuczne mięso będzie konkurencją dla hodowli zwierząt w świecie, czy mięso z laboratoriów i bioreaktorów będzie akceptowalne przez potencjalnych konsumentów – trudno w tej chwili o jednoznaczną odpowiedź, tym bardziej że znane autorytety naukowe [1-4] wypowiadają się o tym problemie z dużą ostrożnością, a niekiedy sceptycyzmem.

### LITERATURA

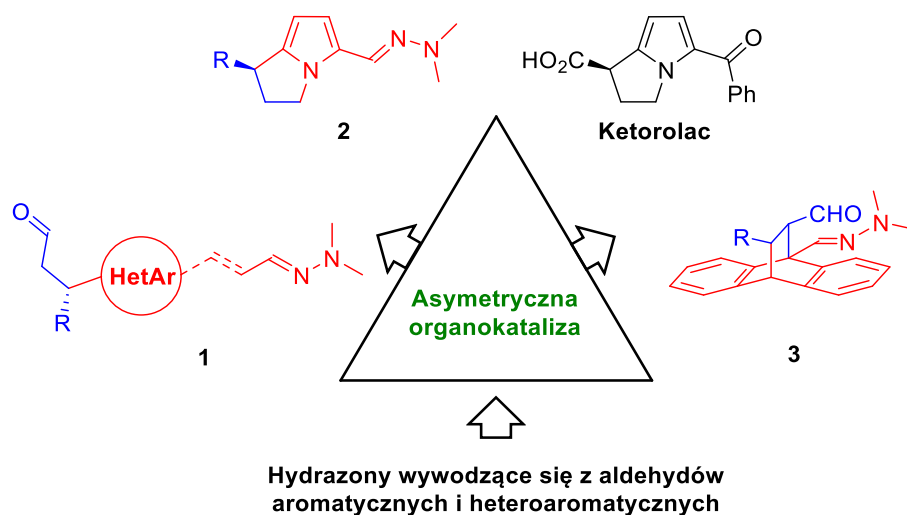
- [1] J. Zarzyńska, R. Zabielski, *Czy sztuczne mięso może uratować ludzkość?* Życie Wet. **2022**, 97, 371-377.
- [2] S. Chriki, J-F. Hocquette, *The myth of cultured meat: a review*. Front. Nutr. **2020**, 7, 7.
- [3] T. K. Hong, D. M. Shin, J. Choi, J. T. Do, S. G. Han. *Current issues and technical advances in cultured meat production: a review*, Food Sci. Anim. Resour. **2021**, 41, 355-372.
- [4] P. Rzymiski, *Mięso in vitro coraz bliżej. Rusza koalicja na rzecz rolnictwa komórkowego w Europie*. Polityka.pl, **5.02.2022**.

# Winylogowa aktywacja hydrazonowa w syntezie związków biologicznie ważnych

Łukasz Albrecht

Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, ul. Żeromskiego 116, 90 924 Łódź, Polska

Synteza związków biologicznie aktywnych oraz ich analogów od wielu lat jest przedmiotem intensywnych badań. Szczególne znaczenie mają metodologie umożliwiające dostęp do optycznie czynnych produktów. Hydrazony stanowią ważną grupę syntetycznie użytecznych związków wykazujących zdolność do odwracania polaryzacji związków karbonylowych, zmieniając ich właściwości z elektrofilowych na nukleofilowe (umpolung) [1]. W ramach przeprowadzonych badań wykazaliśmy możliwość wykorzystania aktywacji hydrazonowej w organokatalitycznej syntezie wybranych związków biologicznie ważnych [2]. Zastosowane podejścia wykorzystują chiralne aminy jako katalizatory reakcji umożliwiające ich realizację w sposób stereokontrolowany i charakteryzują się wysoką efektywnością chemiczną i dają dostęp do produktów docelowych w sposób wysoce stereoselektywny.



## PODZIĘKOWANIA

Przedstawione badania są częścią projektu „Lewis Base Catalyzed Asymmetric Reactions of Aromatic Carbonyl Substrates” finansowanego w ramach programu Sheng (UMO-2018/30/Q/ST5/00466) Narodowego Centrum Nauki.

## LITERATURA

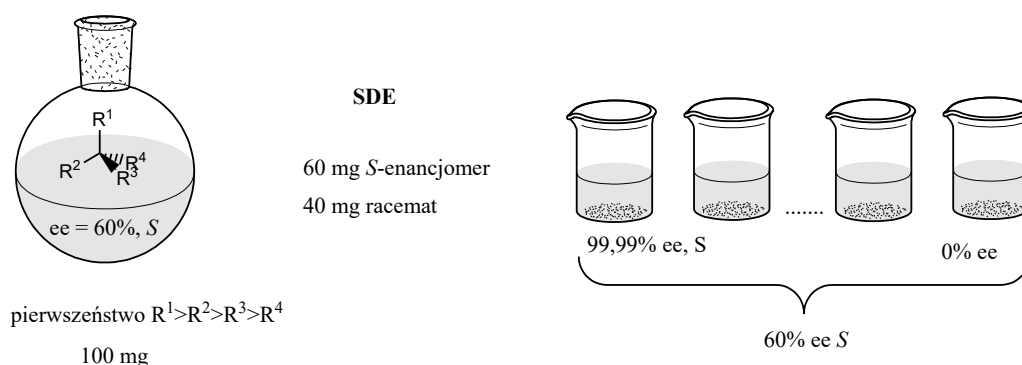
- [1] R. Brehme, D. Enders, R. Fernandez, J. M. Lassaletta, *Aldehyde N,N-dialkylhydrazones as neutral acyl anion equivalents:umpolung of the imine reactivity*, Eur. J. Org. Chem. **2007**, 5629-5660.  
 [2] a) B. Łukasik, J. Kowalska, S. Frankowski, Ł. Albrecht, *Vinylogous hydrazone strategy for the organocatalytic alkylation of heteroaromatic derivatives*, Chem. Commun. **2021**, 57, 6312-6315; b) J. Kowalska, B. Łukasik, S. Frankowski, L. Sieroń, Ł. Albrecht, *Vinylogous hydrazone strategy in stereoselective synthesis of 2,3-dihydro-1H-pyrrolizines – an organocatalytic, metal-free route to ketorolac*, Adv. Synth. Catal. **2022**, 364, 3607-3616; c) B. Łukasik, J. Ossowski, S. Frankowski, Ł. Albrecht, *submitted*.

# Niekonwencjonalne metody wzbogacania związków chiralnych – aspekty samo-dysproporcjonowania enancjomerów (SDE)

Alicja Wzorek

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Chemii, ul. Uniwersytecka 7,  
25-406 Kielce, Polska

Proces samo-dysproporcjonowania (SDE) jest obserwowany dla związków chiralnych w postaci nie-racemicznej ( $0\% < ee < 99,9\%$ ) podczas przemian fizykochemicznych, takich jak krystalizacja, sublimacja, destylacja, jak również towarzyszy chromatografii kolumnowej w achiralnych warunkach. Polega on na spontanicznym podziale związku na frakcje, które różnią się proporcją enancjomerów w porównaniu z wyjściowym składem próbki. Znane są przykłady związków, dla których zaobserwowano odseparowanie nadmiarowego enancjomeru od porcji racemicznej, w takich przypadkach mamy do czynienia ze 100% wydajnością SDE.[1]



Rys. 1 Ogólna idea procesu SDE.

Występowanie SDE w warunkach chromatografii kolumnowej jest związane z procesem asocjacji, prowadzącym do powstawania homo-/hetero- chiralnych struktur supramolekularnych o różnej rzędowości, jak również o różnej trwałości. Proces asocjacji jest również obserwowany w spektroskopii NMR. W konsekwencji pojawia się możliwość zastosowania chiralnej chromatografii kolumnowej jako metody enancjomerycznego wzbogacania związków chiralnych w postaci nie-racemicznej. Z drugiej jednak strony pojawianie się SDE podczas oczyszczania/rozdzielania produktów reakcji asymetrycznych może prowadzić do błędów w wyznaczaniu stereochemicznej wydajności reakcji.

## LITERATURA

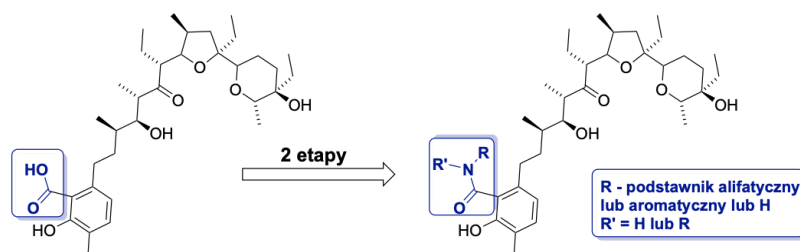
[1] J. Han, O. Kitagawa, A. Wzorek, K. D. Klika, V. A. Soloshonok, *The self-disproportionation of enantiomers (SDE): a menace or an opportunity?*, Chem Sci. **2018**, 9, 1718–1739.

# Synteza oraz analiza spektroskopowa amidów kwasu lasalowego

**Zbigniew Kubis, Michał Sulik, Adam Huczyński**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Zakład Chemii Medycznej, Wydział Chemii,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska

Zgodnie z danymi WHO choroby nowotworowe nadal są jedną z głównych przyczyn zgonów we współczesnym świecie. Prognozy jasno pokazują, że w 2040 roku liczba osób cierpiących na różnego rodzaju nowotwory wyniesie około 30 milionów, czyli niemal dwa razy więcej niż w 2018 roku [1]. Ponadto, coraz większe zagrożenie dla zdrowia stanowią szczepy bakterii odporne na działanie stosowanych antybiotyków. W świetle tych doniesień, niezwykle ważną misją współczesnej nauki oraz medycyny jest poszukiwanie nowych kandydatów na leki, które wykazują wysoką aktywność przeciwnowotworową lub zdolność do przełamывania lekooporności wśród bakterii. W tym kontekście, szczególną uwagę należy zwrócić na związki pochodzenia naturalnego, takie jak kwas lasalowy (LAS) – przedstawiciel antybiotyków jonoforowych. Mechanizm jego aktywności biologicznej jest związany ze zdolnością do transportu jednowartościowych kationów metali przez błonę komórkową bakterii oraz komórek nowotworowych. Prowadzi to do zmiany gradientu stężeń kationów metali oraz wewnątrzkomórkowego pH, a w konsekwencji do śmierci komórki [3].



Rys. 1 Schemat syntezy amidów kwasu lasalowego.

W literaturze brak doniesień dotyczących amidowych pochodnych LAS, w związku z czym celem projektu jest synteza, analiza spektroskopowa oraz strukturalna pierwszo-, drugo- i trzeciorzędowych amidów LAS. Ponadto otrzymane związki zostaną zbadane pod kątem właściwości przeciwnowotworowych i przeciwdrobnoustrojowych. Inspiracją do projektu są wyniki badań opracowane w grupie badawczej prof. Huczyńskiego w 2020 r., kiedy to otrzymano pierwszy amid propargilowy LAS [4].

## PODZIĘKOWANIA

Projekt jest realizowany z wsparciem finansowym projektu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza w ramach konkursu nr 076 study@research i wniosku o numerze 076/34/UAM/0092.

## LITERATURA

- [1] World Health Organization: *International Agency for Research on Cancer* [dostęp on-line: 2023-05-05].
- [2] World Health Organization: *Urgent health challenges for the next decade* [dostęp on-line: 2023-05-05].
- [3] M. Antoszczak, J. Rutkowski, A. Huczyński, *Structure and biological activity of polyether ionophores and their semisynthetic derivatives*. W: *Bioactive natural products: chemistry and biology*, red. G. Brahmachari, **2015**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim 107-170.
- [4] M. Sulik, E. Maj, J. Wietrzyk, A. Huczyński, M. Antoszczak, *Synthesis and anticancer activity of dimeric polyether ionophores*, *Biomolecules* **2020**, *10*, 1039.



## Zastosowanie związków koordynacyjnych jonów metali przejściowych jako prekatalizatorów w reakcjach oligomeryzacji i polimeryzacji wybranych olefin

**Dagmara Jacewicz<sup>1</sup>, Kacper Pobłocki<sup>1</sup>, Marta Pawlak<sup>1</sup>, Barbara Gawdzik<sup>2</sup>, Przemysław Rybiński<sup>2</sup>, Katarzyna Jarzemska<sup>3</sup>, Radosław Kamiński<sup>3</sup>, Jacek Malinowski<sup>1</sup>, Joanna Drzeżdżon<sup>1</sup>**

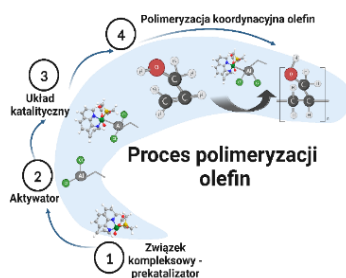
<sup>1</sup>Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Chemii, Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce, Polska

<sup>3</sup>Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa, Polska

W ciągu ostatnich 30 lat zastosowanie związków metaloorganicznych zawierających jony metali przejściowych zaowocowało opracowaniem nowych, innowacyjnych i selektywnych metod syntezy związków metaloorganicznych. Na szczególną uwagę zasługują katalizatory Grubbsa zawierające jony metali {np. jony rutenu(III)} jako jony centralne w związkach kompleksowych, które charakteryzują się wysoką aktywnością katalityczną w reakcji metatezy olefin. Oprócz jonu metalu bardzo istotny wpływ na właściwości katalityczne ma sfera koordynacyjna, czyli ligandy bezpośrednio związane z jonem centralnym. W ten sposób można projektować prekatalizatory o ściśle określonych właściwościach fizykochemicznych, zawadzie przestrzennej i gęstości elektronowej - co niewątpliwie wpływa na ich właściwości katalityczne. Grupy funkcyjne obecne w substracie, a także tlen lub woda obecne w układzie reakcyjnym, mogą wpływać na aktywność katalizatorów [1].

Stosowanie dobrze zdefiniowanych katalizatorów jest wymagane do otrzymania związków o żądanej, ściśle określonej strukturze. Katalizatory te powinny być wystarczająco stabilne, aby można było je scharakteryzować za pomocą metod spektroskopowych i rentgenostrukturalnych, a także powinny umożliwiać kontrolę i obserwację tworzących się produktów pośrednich.



Rys.1 Schemat procesu polimeryzacji olefin na przykładzie alkoholu allilowego

W mojej opinii konieczne są ciągłe badania w celu odkrycia aktywniejszych katalizatorów o bardziej uniwersalnym zastosowaniu w stosunku do katalizatorów już dobrze poznanych i zdefiniowanych.

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki przeprowadzonych badań dotyczących procesów oligomeryzacji wybranych olefin (Rys.1) z nowo otrzymanymi związkami kompleksowymi jonów metali przejściowych [np. oksowanadu(IV,V), chromu(III), rutenu(III) z ligandami N, O, i S donorowymi (np. z anionem dipikolinianowym, 4,4'-dimetoksy-2,2'-bipirydyną, 2,2'-bipirydyną czy 2-fenylpirydyną) jako prekatalizatorami.

### LITERATURA

[1] T .C. M. Chung, *Functionalization of polyolefins*, **2002**, Academic Press, London, UK.

## Związki kompleksowe oksowanadu(IV) jako katalizatory oligomeryzacji i polimeryzacji olefin

**Joanna Drzeżdżon<sup>1</sup>, Marzena Bialek<sup>2</sup>, Shengyu Dai<sup>3,4</sup>, Huijun Fan<sup>3</sup>, Dagmara Jacewicz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk, Polska

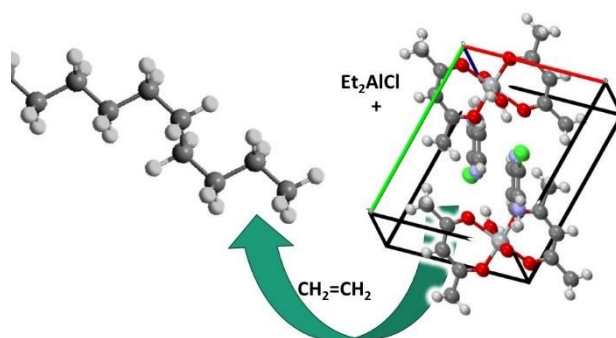
<sup>2</sup>Uniwersytet Opolski, Instytut Chemii, ul. Oleska 48, 45-052 Opole, Poland

<sup>3</sup>School of Chemical and Environmental Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu, Anhui 241000, China

<sup>4</sup>Institute of Physical Science and Information Technology, Anhui University, Hefei, Anhui, 230601, China

Od lat 60. XX wieku nastąpił gwałtowny wzrost produkcji oraz zastosowania tworzyw sztucznych w wielu dziedzinach przemysłu [1-3]. Jedną z metod otrzymywania tworzyw sztucznych np. poliolefin jest zastosowanie katalizatorów polimeryzacji olefin. Są to substancje chemiczne, które przyspieszają reakcję polimeryzacji olefin, czyli proces tworzenia długich łańcuchów polimerowych z monomerów olefinowych. Najczęściej stosowanymi olefinami w polimeryzacji są etylen i propylen. Istnieje kilka grup katalizatorów polimeryzacji olefin, jednak najbardziej rozpowszechnione są katalizatory Zieglera-Natty i ich modyfikacje w tym katalizatory postmetallocenowe.

Współcześnie poszukuje się nowych katalizatorów polimeryzacji olefin, które będą działały zgodnie z zasadami zielonej chemii. W prezentacji zostaną przedstawione wyniki badań nad grupą związków kompleksowych oksowanadu(IV) z ligandami takimi jak np. anion dipikolinianowy, 1,10-fenantrolina, 2,2'-bipirydył, anion acetyloacetonianowy dotyczące ich właściwości katalitycznych w oligomeryzacji i polimeryzacji olefin (Rys. 1). Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że związki kompleksowe oksowanadu(IV) są wysoce aktywnymi prekatalizatorami oligomeryzacji monomerów polarnych (np. 3-buten-2-olu, 2-chloro-2-propen-1-olu) jak i polimeryzacji etylenu. Produkty oligomeryzacji i polimeryzacji olefin zostały scharakteryzowane kilkoma technikami analitycznymi: różnicową kalorymetrią skaningową (DSC), spektroskopią magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), spektroskopią w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), analizą termogravimetryczną sprzężoną z analizą w podczerwieni z transformacją Fouriera (TG-FTIR), spektrometrią masową MALDI-TOF-MS (ang. *matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight mass spectrometry*).



Rys. 1 Schemat procesu polimeryzacji etylenu.

### LITERATURA

[1] H. Namazi, *Polymers in our daily life*, BioImpacts, **2017**, 7(2), 73-74.

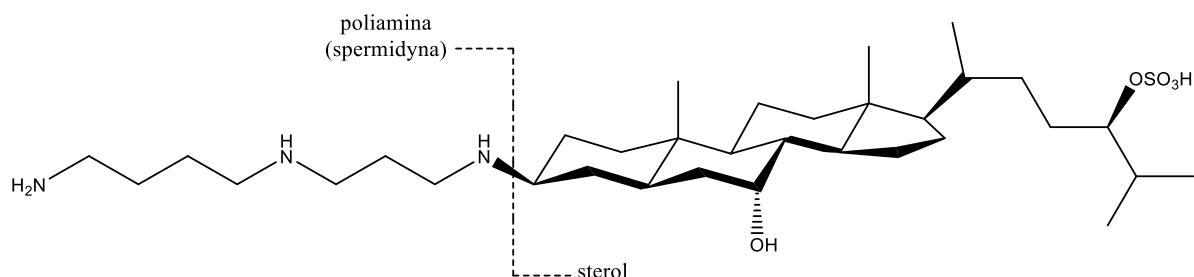
[2] M. Stürzel, S. Mihan, R. Mülhaupt, *From multisite polymerization catalysis to sustainable materials and all-polyolefin composites*, Chem. Rev. **2016**, 116, 1398–1433.

# Biokoniugaty steroidowe: synteza, badania spektroskopowe i teoretyczne

Tomasz Pospieszny

<sup>1</sup>Uniwersytet Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań

Naturalne koniugaty steroidowe zajmują szczególne miejsce wśród produktów naturalnych z uwagi na udział w większości szlaków metabolicznych. Biokoniugaty steroidowe stanowią fascynujący obszar badań naukowych, łączący właściwości biologicznie aktywnych steroidów z funkcjonalnością cząsteczek związanych z nimi. Postęp w projektowaniu pochodnych steroidowych z poliaminami (np. skwalamina i jej analogi), polialkoholami, alkaloidami (np. graminą) czy nukleozasadami otwiera drogę do otrzymania licznych i niezwykle skutecznych leków bądź związków o właściwościach organożelujących i kompleksujących. Jednym spośród naturalnych koniugatów steroli i amin biogennych jest skwalamina (Rys. 1), która m.in. hamuje proces wczesnej agregacji  $\alpha$ -synukleiny oraz wykazuje silne działanie bakterio- i wirusobójcze. Natomiast pochodne steroidowo-indolowe wyróżniają się właściwościami cytoprotekcyjnymi oraz antyoksydacyjnymi. Ponadto, znaczące są biokoniugaty kwasów żółciowych i/lub steroli zawierające pierścienie 1,2,3-triazolowe. Zastosowanie chemii „click” do syntezy nowych układów dimerycznych i związków wielkocząsteczkowych (np. *molecular pockets*, *molecular umbrellas*, *quasi-podands*) efektywnie zwiększa ich aktywność biologiczną i właściwości fizykochemiczne. Charakterystyka biokoniugatów jest kluczowa dla zrozumienia ich struktury i właściwości fizykochemicznych. Metody analityczne, takie jak spektroskopia NMR oraz spektrometria mas, pozwalają na dokładne określenie budowy i czystości biokoniugatów. Badania teoretyczne (PASS, PM5, dokowanie molekularne) określają wstępny potencjał biologiczny uzyskiwanych nowych związków [1-5].



Rys. 1 Skwalamina.

## LITERATURA

- [1] T. Pospieszny, H. Koenig, I. Kowalczyk, B. Brycki, *Synthesis, spectroscopic and theoretical studies of new quasi-podands from bile acid derivatives linked by 1, 2, 3-triazole rings*, *Molecules*, **2014**, 19 (2), 2557-2570.
- [2] B. Brycki, H. Koenig, T. Pospieszny, *Quaternary alkylammonium conjugates of steroids: Synthesis, molecular structure, and biological studies*, *Molecules*, **2015**, 20 (11), 20887-20900.
- [3] B. Jasiewicz, W. Kozanecka-Okupnik, M. Przygodzki, B. Warżajtis, U. Rychlewska, T. Pospieszny, L. Mrówczyńska, *Synthesis, antioxidant and cytoprotective activity evaluation of C-3 substituted indole derivatives*, *Sci. Rep.*, **2021**, 11(1), 15425.
- [4] A. Kawka, G. Hajdaś, D. Kułaga, H. Koenig, I. Kowalczyk, T. Pospieszny, *Molecular structure, spectral and theoretical study of new type bile acid-sterol conjugates linked via 1, 2, 3-triazole ring*, *J. Mol. Struct.*, **2023**, 1273, 134313.
- [5] G. Hajdaś, A. Kawka, H. Koenig, D. Kułaga, K. Sosnowska, L. Mrówczyńska, T. Pospieszny, *Click chemistry as a method for the synthesis of steroid bioconjugates of bile acids derivatives and sterols*, *Steroids*, **2023**, 199, 109282.

## Nowoczesne rozwiązanie firmy Thermo Fisher Scientific w chromatografii cieczowej HPLC/UHPLC

Krystyna Niedzielska

*POLYGEN Sp. z o.o., ul. Portowa 16L/130, 44-100 Gliwice, Polska  
krystynan@polygen.com.pl*

Nowe wyzwania analityczne, przed którymi stawia się dzisiejsze laboratoria wymagają nieustannych inwestycji w powiększanie bazy aparaturowej oraz szkolenia personelu. Chromatografia cieczowa stanowi w wielu laboratoriach jedną z podstawowych technik analitycznych. Producent aparatury do chromatografii **Thermo Fisher Scientific** w ostatnich latach wprowadził na rynek nowe zestawy i nowe rozwiązania chromatograficzne, oferując równocześnie obszerną bazę aplikacji. Oparte o innowacyjną platformę **Vanquish™** zestawy HPLC i UHPLC (w tym nanoUHPLC) wykorzystują najnowsze osiągnięcia techniczne i technologiczne. Systemy te oferują szeroki zakres przepływów oraz ciśnień (nawet do 1500 bar).

Najdokładniejsze na rynku pompy, innowacyjna technika dozowania próbki do kolumny (**prekompresja próbki**) w automatycznym dozowniku próbek, opatentowane kapilary **Viper™**, o objętości martwej bliskiej zera, to tylko niektóre istotne aspekty tych systemów. Dostępne są także specjalne rozwiązania, które oferuje system **Vanquish Duo**, pozwalając na znaczne zwiększenie wydajności analitycznej, skrócenie czasu analizy, przygotowanie próbki w układzie chromatograficznym (on-line SPE), analizę próbki w dwóch różnych trybach równocześnie (np. C18 i SEC) oraz poprawę odpowiedzi detektorów opartych o nebulizację próbki (funkcja gradientu odwróconego, tzw. *inverse gradient*).

Oprócz standardowych detektorów o wysokiej czułości, jak: UV-Vis, DAD, FLD, MS w ofercie znajduje się także **detektor wyładowań koronowych (Corona CAD)**. Detektor Corona CAD często wykorzystywany jest w analizach produktów spożywczych, farmaceutycznych, kosmetycznych oraz wielu innych. Pozwala on na wykrywanie substancji nielotnych, dla których prężność par jest niższa od  $10^{-5}$  hPa. Największą i najważniejszą zaletą tego detektora jest odpowiedź niezależna od budowy chemicznej badanych związków, a więc możliwość oznaczania m.in. związków nieposiadających chromoforów, czy też związków trudno jonizujących. Ponadto, zaletami detektora Corona CAD są: wysoka czułość, szeroki zakres pomiarowy, prostota obsługi, brak konieczności derywatyzacji związków, wysoka częstotliwość zbierania danych (zastosowanie w HPLC i UHPLC), a nawet możliwość określenia ilości danego związku w próbce związku w próbce pomimo braku wzorca. Wiele publikacji wskazuje na praktyczne zastosowanie detektora wyładowań koronowych w analizach żywności, suplementów diety, dodatków do żywności, analizie produktów naturalnych, zanieczyszczeń i wielu innych. Ostatnie badania wskazują również na wykorzystanie tego typu detekcji do badań zafałszowań żywności.

Dzięki systemom HPLC i UHPLC **Thermo Fisher Scientific** serii **Vanquish™** laboratoria zyskują nową jakość, spełniając najwyższe standardy dokładności, precyzji i czułości, jakie stawia się obecnie tego typu urządzeniom.

# **Rozwiązania Shimadzu w analizie bioaktywnych związków pochodzenia naturalnego. Analiza celowana i niecelowana**

**Paweł Stalica**

*"SHIM-POL A.M.Borzymowski"*

*E.Borzymowska-Reszka, A.Reszka Spółka Jawna*

*ul. Lubomirskiego, 505-080 Izabelin, Polska*

*pawels@shim-pol.pl*

Współcześnie obserwuje się drastyczny postęp w analityce bioaktywnych związków pochodzenia naturalnego i to zarówno w obszarze analizy celowanej jak i niecelowanej.

Bioaktywne związki z jednej strony należą do niezwykle cennych i poszukiwanych, a z drugiej strony, często do grupy związków najbardziej labilnych i podatnych na rozkład pod wpływem światła UV, obecności jonów metali, podwyższonej temperatury itd. Stanowi to duże wyzwanie w kontekście stosowanej aparatury analitycznej i badawczej. Shimadzu dysponuje pokaźną liczbą patentów, dzięki którym analiza cennych związków chemicznych pochodzenia naturalnego jest możliwa i efektywna. Dostępne funkcje ochronne takie jak „UV-Cut-off-Filter” w detektorze DAD, czy bioinertne i nadkrytyczne systemy UHPLC są przykładami udogodnień we współczesnej aparaturze analitycznej. Systemy UHPLC on-line ABTS/DPPH są przykładem efektywnego podejścia w niecelowanej analizie i ocenie potencjału antyoksydacyjnego naturalnych produktów. Nowoczesne tryby analizy niecelowanej DDA/DIA w wysokorozdzielczych systemach HPLC-MS/MS pozwalają na prowadzenie zaawansowanej analizy metabolomicznej z wykorzystaniem zarówno dostępnych baz danych, jak i wyrafinowanego oprogramowania. Nowe techniki „ambient MS” takie jak DPiMS, DART czy SICRIT pozwalają na pominięcie żmudnego etapu przygotowania próbki przed właściwą analizą w spektrometrze mas. W prezentacji przedstawione będą ponadto ciekawe przykłady ujednoliconego oprogramowania sterującego Shimadzu LabSolutions dla wielu technik pomiarowych, jak również przykłady tworzenia spójnego systemu laboratoryjnego.

# Retentify: arkusz Excel do analizy GC-MS terpenów i innych lotnych związków pochodzenia roślinnego

Katarzyna Pokajewicz

*Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Opolski, 45-052 Opole, Polska*

Chromatografia gazowa ze spektrometrią mas (GC-MS) jest nieocenioną techniką w pracy naukowców zajmujących się badaniem złożonych próbek pochodzenia roślinnego. Pomimo znacznego postępu technologicznego, w analizie GC-MS wciąż zdarzają się błędne identyfikacje pików. Najczęściej występują one w przypadku analiz niecelowanych, w których nie stosuje się wzorców w celu potwierdzenia identyfikacji składników. Aby temu zapobiec, poza identyfikacją pików na podstawie widma MS, stosuje się zwykle weryfikację LRI, w której porównuje się obliczony dla pików liniowy indeks retencji (LRI) z literaturowym indeksem analitu zidentyfikowanego na podstawie widma masowego. Wykonanie weryfikacji LRI zmniejsza ryzyko błędnej identyfikacji pików. Najlepiej, gdy taka walidacja jest wbudowana w algorytmy identyfikacji pików i jest automatycznie dokonywana przez oprogramowanie GC-MS. Istniejące rozwiązania technologiczne w tym zakresie wiążą się jednak z wysokimi dodatkowymi kosztami lub mają różne inne ograniczenia, takie jak np. konieczność budowania własnej biblioteki z danymi retencyjnymi, co jest niepraktyczne i bardzo pracochłonne w przypadku analizy niecelowanej. W rezultacie walidacja LRI jest często wykonywana oddzielnie i ręcznie, po etapie identyfikacji pików wg widm MS. Taka weryfikacja LRI jest bardzo czasochłonna, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z chromatogramami zawierającymi dziesiątki lub setki pików. Z drugiej strony, pominięcie tego kroku może prowadzić do błędnych identyfikacji. Wciąż można spotkać w literaturze naukowej prace zawierające tabele ze składem olejków eterycznych, ekstraktów roślinnych i leków ziołowych, w których przedstawione wyniki nie zgadzają się z ogólnymi zasadami retencji chromatograficznej, spodziewaną kolejnością elucji i literaturowymi wartościami indeksów retencji.

Aby pomóc badaczom, którzy nie dysponują dostępem do najnowszej aparatury i oprogramowania umożliwiającego jednoczesną identyfikację w oparciu o bibliotekę widm MS i LRI, opracowano narzędzie Excel „Retentify”. Narzędzie to ułatwia weryfikację LRI po analizie GC-MS. Jest ono bezpłatne, łatwe w obsłudze, i co najważniejsze, opiera się na wiarygodnej bazie literaturowych indeksów retencji, zawierającej LRI dla ponad 500 najpopularniejszych lotnych związków pochodzenia roślinnego, opublikowanej przez pracowników NIST [1]. Arkusz umożliwia między innymi: (1) obliczenie eksperymentalnych LRI, (2) automatyczne wyszukanie literaturowych wartości LRI dla analitów zidentyfikowanych na podstawie widma MS, uwzględniając odpowiednią selektywność kolumny GC, (3) obliczenie błędów względnych wyznaczonych LRI i wskazanie ewentualnej rozbieżności pomiędzy danymi eksperymentalnymi a literaturowymi za pomocą kolorowych indykatorów.

## PODZIĘKOWANIA

Praca realizowana w ramach grantu NCN nr UMO-2021/41/B/NZ9/02584 zatytułowanego „Okrzemki epifityczne porastające makroglony słodkowodne jako źródło krzemu przyswajalnego dla roślin”.

## LITERATURA

[1] V. I. Babushok, P. J. Linstrom, I. G. Zenkevich, *Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils*, J. Phys. Chem. Ref. Data. **2011**, 40, 043101.

## Wykorzystanie pozostałości poekstrakcyjnych z glonów pochodzących z różnych stref geograficznych

Łukasz Tabisz<sup>1</sup>, Radosław Pankiewicz<sup>1</sup>, Beata Messyasz<sup>2</sup>, Bogusława Łęska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu  
Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, ul. Uniwersytetu  
Poznańskiego 6, 61-614 Poznań, Polska

W ostatnim czasie zaobserwować można zwiększone zainteresowanie zdrową żywnością i zmianę nawyków odżywiania. W związku z tym badacze wciąż poszukują alternatywnych, naturalnych źródeł składników aktywnych. W wyniku przeprowadzonych badań oceniono, czy pozostałości poekstrakcyjne z krasnorostów *Palmaria palmata* oraz brunatnic, których przedstawicielem jest morskocyn pęcherzykowaty (*Fucus vesiculosus*) są bogate w związki aktywne i czy mogą być stosowane w przemyśle spożywczym. Oznaczono zawartość cukrów prostych oraz związków fenolowych po procesach ekstrakcji oraz hydrolizy z użyciem różnych stężeń kwasu siarkowego(VI).

Wykorzystano metodę Folina-Ciocalteu do oznaczenia całkowitej zawartości związków polifenolowych (kwasu galusowego) i metodę Benedicta do określenia ilości cukrów prostych (glukozy) w badanym materiale glonowym po ekstrakcji. Z przeprowadzonych badań wynika, że za najlepszą metodę wyizolowania cukrów prostych oraz związków polifenolowych można uznać ekstrakcję wodą. Przeprowadzenie hydrolizy wspomaganą mikrofalami pokazuje, że jest to efektywny sposób otrzymania związków aktywnych z pozostałości poekstrakcyjnych.

### PODZIĘKOWANIA

Praca zrealizowana dzięki wsparciu finansowemu Narodowego Centrum Nauki – grant NCN 2018/31/B/NZ8/00280 (kierownik – prof. UAM, dr hab. Radosław Pankiewicz).

## Biologiczna aktywność ekstraktów pozyskanych z białych szparagów *Asparagus officinalis* L. względem *Fusarium oxysporum* i *Fusarium proliferatum*

Elsie Ayamoh Enow<sup>1</sup>, Monika Urbaniak<sup>1</sup>, Sylwia Ryszczyńska<sup>2</sup>, Agnieszka Waśkiewicz<sup>2</sup>,  
Łukasz Stępień<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Polska Akademia Nauk, Instytut Genetyki Roślin, Zakład Interakcji Roślina-Patogen,  
Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Biologii, Katedra Chemii, ul. Wojska  
Polskiego 75, 60-625 Poznań, Polska*

Fuzarioza szparaga *Asparagus officinalis* L. jest groźną chorobą grzybową powodowaną głównie przez grzyby z gatunków *Fusarium oxysporum* i *Fusarium proliferatum*. Pierwszymi widocznymi zmianami chorobowymi są rdzawe plamy/ przebarwienia na powierzchni wypustek, a następnie wędnięcie i zasychanie całej rośliny. Podczas infekcji grzyby z rodzaju *Fusarium* produkują groźne dla zdrowia człowieka mykotoksyny takie jak fumonizyny, bowerycynę, eniatyny oraz moniliforminę. W odpowiedzi na infekcję roślina uruchamia szereg mechanizmów obronnych, w tym biosyntezę metabolitów takich jak związki fenolowe, aby zahamować wzrost grzybnicy oraz produkcję mykotoksyn wewnątrz tkanek roślinnych. Jednakże metabolity, które głównie biorą udział w obronie przed fitopatogenami u białego szparaga nie są dobrze poznane. Aby w pełni zrozumieć podstawy interakcji roślina-patogen nadal potrzebne są szczegółowe badania. Dlatego w niniejszej pracy zbadano zdolność hamowania wzrostu grzybów z rodzaju *Fusarium* oraz syntezy mykotoksyn przez ekstrakty pozyskane z białego szparaga. Do eksperymentu wykorzystano dwa izolaty *F. oxysporum* oraz dwa izolaty *F. proliferatum* pochodzące z kolekcji grzybów Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, o sprawdzonej toksynotwórczości.

Ekstrakty roślinne pozyskano przy użyciu ekstraktora wykorzystującego CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym (SFE) i organiczny współrozpuszczalnik. Zastosowano różne warianty temperatury i ciśnienia podczas prowadzenia procesu.

Testy *in vitro* przeprowadzono na podłożach agarowych stosując kultury poszczególnych szczepów grzybów i różne stężenia ekstraktów szparagowych (2,5, 5, 7,5 i 10%). Procent inhibicji rejestrowano co 3 dni aż do zakończenia eksperymentu. Pożywka kontrolna nie zawierała ekstraktów roślinnych, a wszystkie warianty wykonano w trzech powtórzeniach. Następnie w podłożach zbadano poziom ergosterolu (wskaźnika biomasy grzybowej) oraz profil mykotoksyn przy użyciu ultrawysokosprawnej chromatografii cieczowej.

Wyniki wykazały, że ekstrakty z białych szparagów zawierają szereg metabolitów wpływających na inhibicję wzrostu grzybnicy *Fusarium* oraz biosyntezę mykotoksyn. W przeprowadzonych badaniach należy podkreślić aktywność biologiczną pozyskanych ekstraktów względem fitopatogenów należących do rodzaju *Fusarium* w warunkach *in vitro*, a jednocześnie zaznaczyć potrzebę prowadzenia dalszych badań w warunkach *in vivo*.

### PODZIĘKOWANIA

Badania realizowane w ramach projektu NCN - OPUS 22, 2021/43/B/NZ9/02701



## Biomasa roślinna jako źródło cennych olejków naturalnych i zarazem prekursor węgla aktywnych

Agata Przytulska, Wiktoria Dąbrowska, Kacper Rejer, Piotr Nowicki

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

Węgla aktywne są materiałami o znakomitych zdolnościach sorpcyjnych, przez co od lat stanowią temat wielu badań. Dzięki swoim unikalnym właściwościom fizykochemicznym z roku na rok znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych gałęziach nowoczesnego przemysłu. Właściwości te można dodatkowo zmieniać na skutek różnego rodzaju modyfikacji chemicznych, m.in. poprzez wprowadzenie azotowych, tlenowych lub siarkowych grup funkcyjnych, co pozwala na uzyskanie materiałów węglowych o ściśle określonych parametrach. Ze względów ekologicznych w ostatnim czasie poszukuje się nowych prekursorów do produkcji węgla aktywnych, które będą miały jak najmniej szkodliwy wpływ na środowisko naturalne. Odpadowa biomasa roślinna okazała się znakomitą rozwiązaniem w tej kwestii, które łączy w sobie łatwą dostępność, niski koszt wytwarzania oraz dobre właściwości sorpcyjne otrzymanych produktów [1,2].

Zasadniczym celem przedstawionych badań było otrzymanie serii węgla aktywnych na drodze aktywacji chemicznej oraz fizycznej odpadów pochodzących z zakładów zielarskich, takich jak ziele skrzypu polnego i bylicy pospolitej oraz kwiatostany bzu czarnego (Rys. 1). Określono podstawowe właściwości fizykochemiczne otrzymanych materiałów węglowych oraz dokonano oceny ich przydatności jako potencjalnych adsorbentów zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, a także jako naturalnych dodatków do formułacji kosmetycznych (Rys. 2).



Rys. 1 Pozostałości roślinne wykorzystane jako prekursory węgla aktywnych.



Rys. 2 Mydła sodowe z dodatkiem węgla aktywnych otrzymanych z biomasy odpadowej.

### LITERATURA

- [1] M. Gęca, M. Wiśniewska, P. Nowicki, *Biochars and activated carbons as adsorbents of inorganic and organic compounds from multicomponent systems – a review*, Adv. Colloid Interface Sci. **2022**, 305, 102687.
- [2] T. Kalak, M. Kaczmarek, P. Nowicki, R. Pietrzak, Y. Tachibana, R. Cierpiszewski, *Preparation of nitrogen-enriched pine sawdust-based activated carbons and their application for copper removal from the aquatic environment*, Wood Sci. Technol. **2022**, 56, 1721-1742.

## Kwas kynureninowy – bioaktywny metabolit obecny w lnie

**Magdalena Wróbel-Kwiatkowska<sup>1</sup>, Waldemar Turski<sup>2</sup>, Magdalena Rakicka-Pustulka<sup>1</sup>,  
Waldemar Rymowicz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności,  
ul. Chelmońskiego 37, 51-630 Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Katedra i Zakład Farmakologii Doświadczalnej  
i Klinicznej, ul. Jaczewskiego 8b, 20-090 Lublin, Polska*

Kwas kynureninowy (KYNA) to interesujący metabolit szlaku degradacji tryptofanu. KYNA wykazuje działanie przeciwzapalne, antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe oraz hepatoprotective. Ważnym aspektem działania KYNA w organizmie człowieka jest jego wpływ na układ nerwowy, KYNA jest bowiem znanym metabolitem o działaniu neuroprotektoryjnym i przeciwdrgawkowym. KYNA może również wpływać na regulację ciśnienia tętniczego i gospodarkę lipidową. Ostatnio przedstawiono przesłanki świadczące o jego korzystnym wpływie w zespole metabolicznym, w opóźnianiu rozwoju cukrzycy i przeciwdziałaniu osteoporozie.

Synteza KYNA zachodzi z kynureniny przy udziale aminotransferazy kynureninowej, natomiast kynurenina powstaje z tryptofanu pod wpływem dioksygenazy. Mimo licznych doniesień naukowych, dotyczących mechanizmów regulujących powstawanie KYNA w komórkach ludzkich, brak jest informacji na temat syntezy KYNA w lnie.

W niniejszej pracy analizowano zawartość KYNA metodą HPLC w nasionach ośmiu różnych odmian lnu; najwyższe stężenie wynoszące 0,432 µg/g świeżej masy stwierdzono w nasionach odmiany Jan. Ponadto oznaczono KYNA w łodygach i korzeniach dwóch wybranych odmian lnu: oleistej (Linola) i włóknistej (Nike). Ekspozycja roślin na działanie prekursorów KYNA: tryptofanu i kynureniny, skutkowała większą akumulacją KYNA w pędach i korzeniach lnu. Uzyskane wyniki wskazują zatem, że KYNA może być syntetyzowany w lnie. Największą ilość KYNA (295,9 µg/g suchej masy) odnotowano w korzeniach lnu pochodzących z roślin hodowanych w kulturach tkankowych z dodatkiem 10 mM tryptofanu. Zawartość KYNA w lnie hodowanym na podłożu wzbogaconym w tryptofan była około 90-krotnie wyższa niż w bulwach ziemniaka i 600-krotnie wyższa niż w nasionach lnu. Dane te sugerują, że kultury tkankowe lnu wzbogacone tryptofanem mogą być skutecznym źródłem KYNA.

### PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Pani dr Grażynie Silskiej z IWNIRZ za dostarczenie nasion lnu, będących przedmiotem części badań niniejszej pracy.

## Możliwość zwiększenia zawartości canololu w oleju z gorczycy

**Anna Grygier, Kamila Klingsporn, Aleksander Siger, Magdalena Rudzińska**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, ul. Wojska  
Polskiego 31, 60-637 Poznań, Polska*

Canolol (vinylsyringol) to związek fenolowy, zdolny do wychwytywania wolnych rodników. Oprócz właściwości antyoksydacyjnych canolol wykazuje również działanie przeciwzapalne oraz przeciwnowotworowe. Canolol powstaje w czasie indukowanej ciepłem reakcji dekarboksylacji kwasu synapinowego. Kwas synapinowy jest produkowany m. in. przez rośliny z rodziny *Brassicaceae* np. rzepak czy gorczycę.

W badaniach porównano ilość powstałego canololu w oleju z nasion gorczycy przed i po obróbce termicznej. Nasiona poddano prażeniu (140°C) oraz działaniu mikrofal. W olejach oznaczono ilość canololu z wykorzystaniem techniki HPLC (Waters, Milford, MA) z detektorem fluorymetrycznym. Do analiz wykorzystano kolumnę LiChrosorb Si 60 column (250 × 4.6 mm, 5 µm) Merck (Darmstadt, Germany). Fazą ruchomą była mieszanina heksan:1,4-dioksan (96:4 v/v). Stosowano przepływ 2.0 ml/min. Długość fali wzbudzenia ustawiono na  $\lambda = 280$  nm, a długość fali emisji na  $\lambda = 325$  nm [1].

Zarówno prażenie jak i działanie mikrofalami zapoczątkowało reakcję dekarboksylacji kwasu synapinowego. Spowodowało to znaczny wzrost ilości canololu w oleju z prażonej gorczycy i gorczycy, na którą działało mikrofalami. Porównując uzyskane wyniki nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między ilością canololu w oleju z prażonej gorczycy oraz z gorczycy, na którą działało mikrofalami przez co najmniej 4 min.

Olej z nasion gorczycy, które poddano obróbce termicznej charakteryzuje się większymi właściwościami antyoksydacyjnymi niż olej z nasion gorczycy bez obróbki termicznej, między innymi dzięki obecności canololu w oleju.

### PODZIĘKOWANIA

Praca została sfinansowana z funduszu badań statutowych Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, numer grantu 506.752.03.00

### LITERATURA

[1] A. Siger, M. Gawrysiak-Witulska, I. Bartkowiak-Broda, *Antioxidant (tocopherol and canolol) content in rapeseed oil obtained from roasted yellow-seeded Brassica napus*, J. Am. Oil Chem. Soc. **2016**, 94, 37-46.

## Różnice zawartości kannabinoidów w wybranych olejkach dostępnych na rynku polskim

**Dominik Duczmal<sup>1,2</sup>, Krystyna Niedzielska<sup>2</sup>, Aleksandra Bazan-Woźniak<sup>1</sup>, Robert Pietrzak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska

<sup>2</sup>Polygen sp. z o.o., Górnych Wałów 46/1, 44-100 Gliwice, Polska

Kannabinoidy, to grupa związków chemicznych występujących zarówno w roślinach, jak i organizmach zwierzęcych. Zyskują one coraz większe uznanie ze względu na ich potencjalne korzyści zdrowotne i znalazły zastosowanie w terapii różnych stanów i dolegliwości, takich jak łagodzenie ataków padaczki, redukcja bólu nowotworowego, łagodzenie lęków i depresji, poprawa nastroju oraz wsparcie leczenia uzależnień od alkoholu i nikotyny [1], a także w leczeniu zespołu stresu pourazowego [2].

Do najbardziej rozpowszechnionych kannabinoidów należą tetrahydrokannabinol (THC) oraz kwas tetrahydrokannabinolowy (THCA), które są substancjami psychoaktywnymi występującymi w roślinie konopi, znanej również jako marihuana.

Jednakże, dostępność leków zawierających kannabinoidy jest ograniczona, a ich koszty są znaczące. W związku z tym, ograniczona możliwość zakupu leków, które mogłyby złagodzić objawy choroby, doprowadziła do wzrostu zapotrzebowania na preparaty zawierające ekstrakt z konopi włóknistych, szczególnie bogate w kannabidiol (CBD).

Nadrzędnym celem tego badania było zbadanie zawartości kannabinoidów w wybranych olejach konopi dostępnych na polskim rynku. Aby tego dokonać, przeprowadziliśmy ekstrakcję kannabinoidów zawartych w badanych produktach, a następnie zidentyfikowaliśmy izolowane związki, wykorzystując technikę chromatografii cieczowej firmy Thermo Scientific Ultimate 3000.

Otrzymane wyniki tej analizy są niezwykle istotne dla lepszego zrozumienia składu i jakości dostępnych olejów konopnych. Ta wiedza może pomóc osobom podejmować bardziej świadome decyzje przy wyborze terapeutycznych produktów pochodzących z konopi. Dodatkowo, badanie to otwiera nowe perspektywy dla badania kannabinoidów jako potencjalnych leków i suplementów zdrowotnych, co może rewolucjonizować dziedziny medycyny i farmakologii.

### LITERATURA

- [1] R. D. Hosking, J. P. Zajicek, *Therapeutic potential of cannabis in pain medicine*. Br. J. Anaesth. **2008**, 101, 59–68.
- [2] M. L. Forsythe, A. J. Boileau, *Use of cannabinoids for the treatment of patients with post-traumatic stress disorder*, J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol. **2021**, 33, 121-132.

## ***Sarracenia purpurea* L. jako źródło związków biologicznie aktywnych**

**Kinga Maria Pilarska, Magdalena Wróbel-Kwiatkowska**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Chelmońskiego 37, 51-630 Wrocław, Polska*

W XXI wieku, pomimo znacznego rozwoju nauki oraz wszystkich gałęzi przemysłu, medycy wciąż borykają się z rosnącą liczbą zachorowań na choroby o podłożu bakteryjnym i wirusowym, nowotwory, a także schorzenia o wciąż nieznannej etiologii. Brakuje skutecznych terapii w przypadku zakażeń bakteryjnych szczepami klinicznymi o wysokiej antybiotykooporności, będących ogromnym zagrożeniem dla zdrowia i życia pacjentów. W tym obszarze wciąż nie zostaje wykorzystany potencjał związków pozyskiwanych z roślin, które są rezerwuarem związków o znaczeniu farmakologicznym.

Prezentowane doniesienie dotyczy badań prowadzonych z wykorzystaniem roślin owadożernych *Sarracenia purpurea* L., które wprowadzono do kultur *in vitro* [3]. Uzyskano rośliny stabilne genetycznie i wolne od zakażeń, a następnie poddano je modyfikacji genetycznej w kierunku wytwarzania korzeni włóśnikowatych.

Ekstrakty z uzyskanych roślin zbadano pod kątem zawartości związków o potencjale bioaktywnym, takich jak triterpeny czy fenylopropanoidy [1]. W kolejnym etapie sprawdzono ich aktywność przeciwdrobnoustrojową w stosunku do szczepów bakterii chorobotwórczych, a także określono ich właściwości przeciwutleniające [2].

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono wysoki potencjał leczniczy modyfikowanych roślin *Sarracenia purpurea* L., który predysponuje do podjęcia dalszych badań w kierunku możliwości zastosowania uzyskanych metabolitów w przemyśle farmaceutycznym.

### **LITERATURA**

- [1] N. Dabetić, V. Todorović, M. Panić, I. R. Redovniković, S. Šobajić, *Impact of deep eutectic solvents on extraction of polyphenols from grape seeds and skin*, Appl. Sci. **2020**, 10, 4830.
- [2] A. A. Mostafa, A. A. Al.- Askar, K. S. Almaary, T. M. Dawoud, E. N. Sholkamy, M. M. Bakri, *Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases*, Saudi J. Biol. Sci. **2018**, 28, 361-366.
- [3] K. M. Pilarska, M. Panić, I. R. Redovniković, M. Wróbel-Kwiatkowska. *Characterization of carnivorous plants *Sarracenia purpurea* L. transformed with *Agrobacterium rhizogenes**, Appl. Sci. **2022**, 12, 10289.

## Substancje kontrolowane pochodzenia roślinnego w badaniach naukowych. Środowisko regulacyjne.

**Jędrzej Sadowski<sup>1</sup>, Maciej Kaźmierczyk<sup>2</sup>, Marcin Hoffmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Instytut Nauk Prawnych PAN, ul. Nowy Świat 72, 00-044 Warszawa, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

Substancje pochodzenia roślinnego, których używanie może prowadzić do uzależnienia, objęte są kontrolą prawną na szczeblu międzynarodowym [1] w ramach polityki ograniczania i jednocześnie zapewnienia możliwości wytwarzania, obrotu i używania tych substancji na potrzeby lecznictwa oraz badań naukowych. Takie ukształtowanie i egzekwowanie krajowych regulacji prawnych jest obowiązkiem państw w ramach międzynarodowego systemu kontroli i zwalczania nielegalnego obrotu [1,2].

Krajowe regulacje zapewniają instytucjom naukowym oraz przedsiębiorstwom z branży B+R możliwość legalnej produkcji i stosowania w ramach badań naukowych substancji odurzających. Na świecie prowadzi się obecnie różnorodne badania w poszukiwaniu ich potencjału terapeutycznego głównie w zaburzeniach neurologicznych [3-5]. Komplementarność rozwiązań prawnych w zakresie nadzoru nad substancjami kontrolowanymi i ich stosowaniem w produkcji leków, umożliwia transfer osiągnięć badawczych do branży farmaceutycznej. W Polsce środowisko regulacyjne dla prowadzenia badań naukowych w zakresie substancji kontrolowanych tworzą przepisy dotyczące organizacji i prowadzenia badań klinicznych, terapii eksperymentalnych – wymogi w zakresie profesjonalizacji i zapewnienia bezpieczeństwa, oraz formalne procedury przyznawania zezwoleń. Uzyskanie zezwoleń jest nie tylko prawnym warunkiem prowadzenia badań z substancjami kontrolowanymi, ale także podstawowym aspektem organizacyjnym w zakresie finansowania badań i publikowania ich wyników oraz transferu osiągnięć nauki do przemysłu.

Materiał prezentuje procedury udzielania zezwoleń dla jednostek naukowych i przedsiębiorstw w branży B+R w zakresie wybranych substancji pochodzenia roślinnego objętych międzynarodową kontrolą, z uwzględnieniem regulacji branżowych w produkcji farmaceutycznej.

### LITERATURA

[1] Jednolita Konwencja o Środkach Odurzających, 1961.

[2] Commentary on the Single Convention on Narcotic Drugs, United Nations, New York, 1973, s. 263, s. 406; Zob. np. Art. 2 ust. 5 pkt 2, art. 4 ust. 1 pkt c, art. 30 Jednolitej Konwencji o Środkach Odurzających.

[3] R. R. Griffiths, M. W. Johnson, M. A. Carducci, A. Umbricht, W. A. Richards, B. D. Richards, M. P. Cosimano, M. A. Klinedinst, *Psilocybin produces substantial and sustained decreases in depression and anxiety in patients with life-threatening cancer: A randomized double-blind trial*, J Psychopharmacol. **2016**, 30, 1181–1197.

[4] A. Garcia-Romeu, B. Kersgaard, P.H. Addy, *Clinical applications of hallucinogens: A review*, Exp Clin Psychopharmacol. **2016**, 24, 229-268.

[5] J. H. Khalsa, G. Bunt, K. Blum, S. B. Maggirwar, M. Galanter, M. N. Potenza *Review: Cannabinoids as medicinals*, Curr Addict Rep. **2022**, 9, 630-646.

# Wpływ bazy funkcyjnej oraz metody obliczeniowej na orbitale HOMO i LUMO bioaktywnego związku pochodzenia roślinnego: CBD

Mateusz Nowicki, Marcin Hoffmann

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu  
Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

W ostatnich latach obserwujemy znaczny wzrost zainteresowania związkiem kannabinoidowym o nazwie kannabidiol (CBD), izolowanym z roślin konopi, zarówno w kontekście badań naukowych [1-3], jak i zastosowań terapeutycznych [4-7]. W niniejszej pracy skupiamy się na badaniu wpływu różnych baz funkcyjnych oraz metod obliczeniowych na orbitale HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) i LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) bioaktywnego związku CBD. Orbitale HOMO i LUMO stanowią kluczowe elementy w analizie struktury elektronowej i właściwościach molekularnych związków chemicznych. W naszym badaniu porównujemy różne bazy funkcyjne, takie jak STO-3G, 6-31G, 6-31G(d), 6-31+G(d) oraz metody obliczeniowe HF, B3LYP, i M06, aby ocenić ich wpływ na orbitalne struktury HOMO i LUMO w przypadku CBD. Przeprowadzamy także analizę energetyczną i porównawczą dla uzyskanych wyników. Wyniki naszych badań mają istotne znaczenie dla lepszego zrozumienia struktury elektronowej i właściwości bioaktywnego związku CBD, co pozwala rzucić nowe światło na aktywność biologiczną i potencjalne zastosowania terapeutyczne CBD. Otrzymane wyniki stanowią cenny wkład w rozwijającą się dziedzinę chemii medycznej i mogą mieć praktyczne zastosowanie w projektowaniu leków opartych na związku CBD.

## LITERATURA

- [1] V. A. N. Bragança, T. G. França,; A. C. S. P. S de Jesus, I. C. Palheta, F. P. A. Melo, P. A. P. F. G. Neves, A. B. Lima, R. S. Borges, *Impact of conformational and solubility properties on psycho-activity of cannabidiol (CBD) and tetrahydrocannabinol (THC)*, Chem. Data Collect. **2020**, 26, 100345.
- [2] G. Baranović, *Understanding the conformational, electronic and vibrational properties of tetrahydrocannabinol (THC) and cannabidiol (CBD). Pharmacophoric similarities and differences*, J. Mol. Struct. **2021**, 1244, 130945.
- [3] S. Lian, X. Gao, C. Song, H. Li, A. Chen, J. Lin, *The characteristics of Raman spectroscopy of isomer CBD- and THC-Au nanoparticles using the density functional theory*, Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spectrosc. **2022**, 268, 120682.
- [4] D. L. Almeida, L. A. Devi, *Diversity of molecular targets and signaling pathways for CBD*. Pharmacol. Res. Perspect. **2020**, 8, e00682.
- [5] C. M. White, *A review of human studies assessing cannabidiol's (CBD) therapeutic actions and potential*, J. Clin. Pharmacol. **2019**, 59, 923–934.
- [6] P. Morales, P. H. Reggio, *CBD: A new hope?* ACS Med. Chem. Lett. **2019**, 10, 694–695.
- [7] P. McGuire, P. Robson, W. J. Cubala, D. Vasile, P. D. Morrison, R. Barron, A. Taylor, S. Wright, *Cannabidiol (CBD) as an adjunctive therapy in schizophrenia: a multicenter randomized controlled trial*, Am. J. Psychiatry **2018**, 175, 225–231.

## Wpływ olejku eterycznego z czarnuszki na stabilność oleju rzepakowego podczas ogrzewania

**Dominik Kmieciak, Katarzyna Kuraszyk, Magdalena Rudzińska**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, ul. Wojska  
Polskiego 31, 60-624 Poznań, Polska*

Proces smażenia jest jedną z najczęściej wybieranych metod obróbki termicznej. Jest szybki, a smażone produkty charakteryzują się pożądanymi walorami sensorycznymi preferowanymi przez konsumentów. Jednak oleje używane do smażenia pod wpływem działania tlenu z powietrza, wody ze smażonego produktu oraz temperatury ulegają degradacji. Najczęściej stosowanym sposobem przeciwdziałania degradacji olejów w czasie ogrzewania jest dodatek przeciwutleniaczy. Poza wykorzystaniem syntetycznych przeciwutleniaczy poszukuje się naturalnych dodatków, które mogą zwiększyć stabilność olejów w czasie smażenia.

Celem pracy była ocena właściwości przeciwutleniających dodatku olejku eterycznego z czarnuszki podczas ogrzewania rafinowanego oleju rzepakowego w modelu głębokiego smażenia. W badaniach wykorzystano rafinowany olej rzepakowy bez dodatków oraz z dodatkiem TBHQ i olejku eterycznego z czarnuszki otrzymanego w procesie hydrodestylacji oleju z czarnuszki. Dodatek olejku eterycznego z czarnuszki wynosił 200, 500 i 1000 ppm. Dodatek TBHQ wynosił 200 ppm. Przygotowane próbki oleju o objętości 200 ml ogrzewano w temperaturze  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  przez 6 godzin przy stosunku powierzchni do objętości wynoszącym  $0,192\text{ cm}^{-1}$ . W przygotowanych próbach określono zmiany profilu kwasów tłuszczowych, wartości indeksów żywieniowych, a także zawartości i składu tokoferoli i fitosteroli.

Wszystkie przygotowane oleje charakteryzowały się wysoką jakością początkową. Wartości liczby nadtlenkowej i kwasowej były poniżej limitu określonego w Codex Alimentarius dla olejów rafinowanych, jednak dodatek olejku eterycznego z czarnuszki wpłynął na zwiększenie barwy oleju proporcjonalnie do jego ilości. Podgrzewanie olejów prowadziło do ich częściowej degradacji. Było to jednak zależne od rodzaju dodatku i jego ilości. W próbkach po ogrzewaniu zaobserwowano spadek udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), tokoferoli oraz fitosteroli, a także zmiany wskaźników żywieniowych oleju. Zmiany były uzależnione od rodzaju zastosowanego dodatku oraz jego ilości. Tokoferole były najbardziej podatne na degradację. W oleju rzepakowym ogrzewanym bez dodatków ich straty wynosiły 76,02% początkowej zawartości. Dodatki przeciwutleniaczy hamowały proces degradacji w różnym stopniu. Dodatek TBHQ oraz olejku eterycznego na poziomie 200 ppm prowadził do ograniczenia strat, które odpowiednio wynosiły 59,99 i 53,99%. Najlepsze efekty uzyskano gdy zastosowano dodatek 500 i 1000 ppm olejku eterycznego. Straty tokoferoli w tych próbach ograniczono odpowiednio do 23,68 i 19,84% w stosunku do ich zawartości w olejach nieogrzewanych. Podobną tendencję obserwowano w czasie analizy fitosteroli.

We wszystkich analizowanych próbkach najskuteczniejszym dodatkiem był olej z czarnuszki w ilości 1000 ppm. Jednak zarówno dawki 500, jak i 1000 ppm były bardziej skuteczne niż syntetyczny przeciwutleniacz TBHQ. Dodanie 200 ppm olejku eterycznego z czarnuszki również doprowadziło do zmniejszenia degradacji oleju w porównaniu z olejem rzepakowym bez dodatków, jednak jego aktywność była porównywalna do aktywności syntetycznego przeciwutleniacza TBHQ.



## Wpływ oleju z rokitnika na homeostazę lipidową komórek wątroby HepG2

**Marcin Szustak<sup>1</sup>, Eliza Korkus<sup>1</sup>, Grzegorz Dąbrowski<sup>2</sup>, Sylwester Czaplicki<sup>2</sup>, Maria Koziolkiewicz<sup>1</sup>, Iwona Konopka<sup>2</sup>, Edyta Gendaszewska-Darmach<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Łódzka, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauk o Żywności, Pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn, Polska

*Hippophae rhamnoides* L., czyli rokitnik zwyczajny, to występująca w Polsce roślina, która w ostatnim czasie stała się popularnym celem badawczym. Jest ona znana od wieków ze względu na swoje właściwości przeciwzapalne oraz bogatą zawartość składników aktywnych biologicznie takich jak witaminy, polifenole czy kwasy tłuszczowe [1,2]. Wysoka zawartość kwasu palmitooleinowego (POA) w oleju z rokitnika jest kontrowersyjnym tematem badań, ponieważ z jednej strony badania przedkliniczne świadczą o korzystnym wpływie na gospodarkę lipidową u osób z otyłością. Z drugiej strony znane są doniesienia, które wykazują zależność między wysokim poziomem POA, a występowaniem stanu zapalnego bądź stłuszczeniem wątroby [3]. W prowadzonych badaniach szczególną uwagę zwrócono na mechanizmy regulacji poziomu kwasów: palmitynowego (C16:0), palmitooleinowego (C16:1, n-7) i oleinowego (C18:1, n-9), a także wpływie oleju z rokitnika na produkcję triacylogliceroli oraz cholesterolu. Homeostaza lipidowa wymaga synergistycznego funkcjonowania wielu enzymów. Wśród nich można wymienić takie jak: desaturaza 1 stearoilo-CoA, elongazy kwasów tłuszczowych 5 oraz 6 czy też palmitoilotransferazy karnityny biorącej udział w  $\beta$ -oksydacji kwasów tłuszczowych [4]. Ekspresja genów kodujących te enzymy jest regulowana przez receptory jądrowe LXL, RXR oraz receptory PPAR $\alpha$ . Określenie poziomu ekspresji wymienionych genów pozwoliło na stwierdzenie, jak olej z rokitnika wpływa na przemiany kwasów tłuszczowych w komórkach wątroby. Wykorzystując te wyniki, możliwe będzie w przyszłości opracowanie preparatów opartych o badany olej znajdujących swoje zastosowanie w profilaktyce otyłości i innych chorób metabolicznych.

### PODZIĘKOWANIA

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr 2018/31/B/NZ9/02433.

### LITERATURA

- [1] G. Dąbrowski, S. Czaplicki, M. Szustak, E. Cichońska, E. Gendaszewska-Darmach, I. Konopka, *Composition of flesh lipids and oleosome yield optimization of selected sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars grown in Poland*, Food Chem. **2022**, 369, 130921.
- [2] M. Kubczak., A. B. Khassenova, B. Skalski, S. Michlewska, M. Wielanek, M. Skłodowska, A. N. Aralbayeva, Z. S. Nabyeva, M. K. Murzakhmetova, M. Zamaraeva, M. Bryszewska, M. Ionov, *Hippophae rhamnoides* L. leaf and twig extracts as rich sources of nutrients and bioactive compounds with antioxidant activity, Sci. Rep. **2022**, 12, 1095.
- [3] R. C. Noland, *Exercise and regulation of lipid metabolism*, Prog. Mol. Biol. Transl. Sci. **2015**, 135, 39–74.
- [4] A. B. Petroff, R. L. Weir, C. R. Yates, J. D. Ng, J. Baudry, *Sequential dynamics of stearyl-CoA desaturase-1 (SCD1)/ligand binding and unbinding mechanism: A computational study*, Biomolecules **2021**, 11, 1435.

## Naturalny szampon w kostce oparty na żywicy cedrowej

Natalia Kurinna<sup>1</sup>, Małgorzata Wiśniewska<sup>2</sup>, Teresa Urban<sup>2</sup>, Magdalena Medykowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ZELENAHA, 5, Shevchenka str., Otrochi, Chernihiv region, 17021, Ukraina

<sup>2</sup>Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Chemii,  
Instytut Nauk Chemicznych, Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, Polska

Żywice wytwarzane są głównie przez drzewa i krzewy iglaste oraz służą do zabezpieczania uszkodzonych miejsc. Żywice są nierozpuszczalnymi w wodzie, bezpostaciowymi lub częściowo krystalicznymi mieszaninami nielotnych związków organicznych, głównie terpenoidów oraz związków fenolowych. Mają one działanie aseptyczne, przeciwbólowe, ściągające i przeciwzapalne. W skład żywicy cedrowej (terpentyny), która jest uznawana za najwartościowszą spośród wszystkich żywic drzew iglastych, wchodzi kwasy żywiczne (60-80%) – takie jak abietynowy i lambertianowy, oraz wyższe kwasy tłuszczowe (20-35%), w tym laurynowy i palmitynowy. Jednocześnie znajduje ona zastosowanie jako naturalny konserwant.

Opracowano recepturę lawendowego szamponu w postaci stałej [1], mającego formę kostki. W jego składzie, oprócz surfaktantów (SCS - Sodium Coco Sulfate, sól sodowa siarczuanu alkoholi tłuszczowych oraz SCI - Sodium Cocoyl Isethionate, izotionian sodowy kwasów tłuszczowych; pochodne oleju kokosowego) znajduje się między innymi żywica cedrowa oraz oleje: kawowy, Shea oraz kokosowy. Formułę wzbogacając olejki eteryczne – lawendowy, pomarańczowy oraz pieprzu górskiego (*Litsea Kubeba*). Wszystkie te związki są pochodzenia naturalnego i są produktami w pełni biodegradowalnymi. Żywica cedrowa jako aromatyczna substancja uwalniana naturalnie po uszkodzeniu kory drzewa iglastego, wykazuje przede wszystkim właściwości przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, antyseptyczne oraz konserwujące. W połączeniu z olejami naturalnymi, które mają działanie nawilżające, odżywcze, ochronne, wygładzające oraz łagodzące podrażnienia uzyskano produkt o wielokierunkowej aktywności. Łączy on w sobie nie tylko funkcje myjące, regeneracyjne, wzmacniające, ale również ma wygodną postać kostki. Poza tym charakteryzuje się przyjemnym zapachem oraz wysoką zdolnością pienienia, co sprawia, że pielęgnacja włosów jest pełna i satysfakcjonująca dla użytkownika.

Pomimo tego, że zgodnie z bazą danych EWG's Skin Deep® żywica cedrowa wykazuje wysoki poziom alergiczności i immunotoksyczności, to jej połączenie z innymi komponentami lawendowego szamponu w kostce znacznie niweluje ten niekorzystny efekt, co udowodniły dane uzyskane przy użyciu programu *Rana* [2]. Zatem może on być w bezpieczny sposób stosowany przez szerokie grono konsumentów.

### LITERATURA

[1] N. Kurinna, M. Wiśniewska, T. Urban, M. Medykowska, *Lavander solid shampoo*, №339/3-PIД(Н)-УК2023, 10.05.23.

[2] V. Paientko, R. V. Kinash, E. Skwarek, *Rana*, №278(Н)-PIД-УК2022, 16.06.22.

## Ziołowa odżywka do paznokci z woskiem sojowym

Vita Vedmedenko<sup>1</sup>, Małgorzata Wiśniewska<sup>2</sup>, Piotr Nowicki<sup>3</sup>, Magdalena Medykowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SPA - Vita product, 6, Novodarnytska str., Kyiv, 02097, Ukraina

<sup>2</sup>Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Chemii,  
Instytut Nauk Chemicznych, Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, Polska

<sup>3</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii,  
Zakład Chemii Stosowanej, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska

Woski to estry wyższych alkoholi i długołańcuchowych kwasów tłuszczowych (w przeciwieństwie do tłuszczów nie są estrami glicerolu), o stosunkowo niskiej temperaturze topnienia i małej lepkości w stanie ciekłym. Dodatkowo zawierają w składzie węglowodory, ketony, aldehydy, etery, alkohole i kwasy organiczne. Wykazują one właściwości natłuszczające, ochronne i odżywcze.

Zaproponowana procedura ziołowej odżywki do paznokci oparta jest o krzemionkę i воск sojowy [1]. Воск sojowy to całkowicie naturalny i bezpieczny surowiec, który pozyskuje się z ziaren soi podczas wytlaczania na zimno oleju sojowego. Jego część może zostać poddana utwardzeniu, przybierając formę wosku. Воск z soi charakteryzuje się dobroczynnymi właściwościami, przede wszystkim świetnie odżywia, nawilża, zmiękcza i natłuszcza skórę, powodując wyraźną poprawę jej kondycji. Odznacza się również delikatnym zapachem i jest doskonałym nośnikiem olejków eterycznych oraz innych substancji zapachowych. Znakomite właściwości nawilżające wosku sojowego połączono z działaniem złuszcającym, ściągającym i wygładzającym krzemionki. Ponadto żel krzemionkowy (roztwór koloidalny krzemionki w wodzie) przedłuża trwałość kosmetyków i zabezpiecza przed ich rozwarstwianiem. Kompozycja odżywki do paznokci została wzbogacona o produkty ziołowe takie jak pyłek sosny i miodła indyjska. Ich właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające oraz przeciwalergiczne sprawiają, że uzyskany produkt kosmetyczny jest kompletny, biorąc pod uwagę zarówno jego formę użytkową, jak i działanie na skórę. Jego idealna przyczepność i optymalna konsystencja, a także silne działanie nawilżające i regeneracyjne zapewniają właściwą i satysfakcjonującą pielęgnację skóry wokół paznokci.

Obliczenia dokonane na podstawie składu odżywki sojowej przy użyciu programu *Rana* [2] wykazały, że produkt ten odznacza się niską rakotwórczością, toksycznością i immunotoksycznością oraz wykazuje niewielkie prawdopodobieństwo wywoływania alergii. Stanowi to potwierdzenie bezpieczeństwa jego powszechnego zastosowania przez szerokie grono odbiorców. Dodatkowo atrakcyjny zapach i miła w dotyku postać sprawia, że pielęgnacja skóry wokół paznokci jest przyjemna dla użytkownika.

### LITERATURA

[1] V. Vedmedenko, M. Wiśniewska, P. Nowicki, M. Medykowska, *Ziołowa odżywka do paznokci SiSoja*, №342/3-PII(Н)-УК2023, 22.05.23.

[2] V. Paientko, R. V. Kinash, E. Skwarek, *Rana*, №278(Н)-PII(Н)-УК2022, 16.06.22.

## Potencjał przeciwrzybiczy, przeciwbakteryjny i przeciwutleniający endofitów grzybowych Lasu Mokrzańskiego

Oliwia Pomarańska<sup>1</sup>, Daria Mykhailova<sup>1</sup>, Anita Dudek<sup>2</sup>, El-Sayed R. El-Sayed<sup>1,3</sup>,  
Filip Boratyński<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
Katedra Fizyki i Biofizyki, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>3</sup>Plant Research Department, Nuclear Research Center, Egyptian Atomic Energy  
Authority, Cairo, Egipt

W perspektywie zwiększającej się lekooporności mikroorganizmów poszukiwanie nowych bioaktywnych związków jest istotną i aktualną tematyką licznych badań naukowych zmierzających do opracowania nowych leków dla ludzi i zwierząt [1,2]. Mając to na uwadze, przeprowadzono badania skupiające się na izolowaniu i określaniu aktywności biologicznej endofitów grzybowych z dwunastu różnych gatunków roślin tj. *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* oraz *Robinia pseudoacacia*. Wyizolowano 46 grzybów endofitycznych i przeanalizowano otrzymane z nich ekstrakty pod kątem obecności bioaktywnych metabolitów o właściwościach przeciwrzybiczych, przeciwbakteryjnych i przeciwutleniających. Podczas badań przesiewowych kilka izolatów grzybowych wykazało obiecujące aktywności biologiczne. Wybrane ekstrakty poddano frakcjonowaniu za pomocą preparatywnej TLC, a następnie poszczególne związki zostały ponownie przetestowane. Identyfikacja związków zostanie przeprowadzona na podstawie analiz widm LC-MS oraz NMR. Wyniki naszych badań wskazują na potencjał grzybów endofitycznych jako źródła związków bioaktywnych, które mogą pomóc w opracowaniu nowych leków.

### PODZIĘKOWANIA

Prezentowane badania są częścią projektu *BioExplor* nr 2021/43/P/NZ9/02241 współfinansowanego przez Narodowe Centrum Nauki oraz Program Badawczo-Rozwojowy Unii Europejskiej Horyzont 2020 w ramach grantu Marii Skłodowskiej-Curie nr. 945339.

### LITERATURA

- [1] ES. R. El-Sayed, M. A. Hazaa, M. M. Shebl, M. M. Amer, S. R. Mahmoud, A. A. Khattab, *Bioprospecting endophytic fungi for bioactive metabolites and use of irradiation to improve their bioactivities*, *AMB Express*, **2022**, 12, 46.
- [2] M. C. Manganyi, C. N. Ateba, *Untapped potentials of endophytic fungi: a review of novel bioactive compounds with biological applications*, *Microorganisms* **2020**, 8, 1934.

## Aktywność przeciwnowotworowa związków izolowanych z grzybów endofitycznych z Lasu Mokrzańskiego

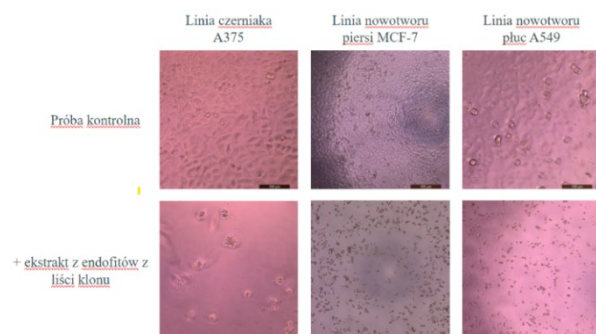
**Magdalena Kloc<sup>1,2</sup>, El-Sayed R. El-Sayed<sup>1,3</sup>, Filip Boratyński<sup>1</sup>, Julita Kulbacka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

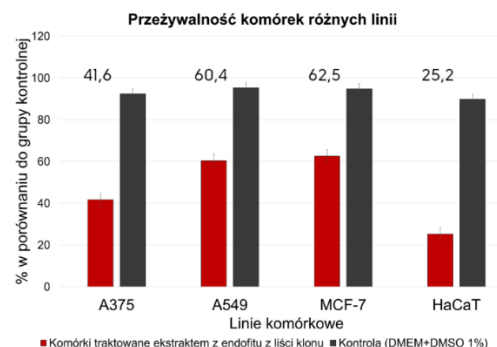
<sup>2</sup>Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich, Wydział Lekarski, wyb. Pasteura 1, 50-367 Wrocław, Polska

<sup>3</sup>Plant Research Department, Nuclear Research Center, Egyptian Atomic Energy Authority, Kair, Egipt

Choroby nowotworowe są główną przyczyną zgonów na całym świecie, a co roku odnotowuje się coraz większą liczbę przypadków. Podwyższony wskaźnik śmiertelności wymaga globalnego wyzwania, jakim jest poszukiwanie nowych źródeł leków przeciwnowotworowych [1]. Zasoby naturalne stanowią potencjalne źródła nowych związków o unikalnych bioaktywnościach w terapii leczenia raka. W pracy oceniono aktywność przeciwnowotworową związków syntezowanych przez grzyby endofityczne z różnych gatunków drzew z Lasu Mokrzańskiego. W tym celu wykonano testy przeżywalności komórek, testy leczenia ran *in vitro* i badania aktywności przeciwmutagennych. Modelem badawczym wykorzystanym w projekcie były linie komórkowe czerniaka, nowotworu płuc i nowotworu piersi, a także keratynocyty stanowiące model porównawczy. Badania wskazują na obecność związków wykazujących silną aktywność przeciwnowotworową z grzybów endofitycznych wyizolowanych z liści klonu pospolitego (*Acer platanoides* L). (Rys. 1,2).



Rys. 1. Obraz komórek linii A375, MCF-7 i A549 przed i po zastosowaniu ekstraktu z endofitu z liści klonu.



Rys. 2. Wykres przedstawiający % komórek po 24 godz. inkubacji z ekstraktem.

### PODZIĘKOWANIA

Badania realizowane w ramach Projektu *BioExplor* nr 2021/43/P/NZ9/02241, który jest współfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki oraz Program Ramowy Unii Europejskiej w zakresie Badań Naukowych i Innowacji Horyzont 2020 w ramach umowy o dofinansowanie projektu Marie Skłodowska-Curie nr. 945339 oraz w ramach grantu Fundusz Aktywności Studenckiej FAST organizowanego przez Miasto Wrocław.

### LITERATURA

[1] F. Uzma, C. D. Mohan, A. Hashem, N. M. Konappa, S. Rangappa, P. V. Kamath, B. P. Singh, V. Mudili, V. K. Gupta, C. N. Siddaiah, S. Chowdappa, A. A. Alqarawi, E. F. Abd\_Allah, *Endophytic fungi-alternative sources of cytotoxic compounds: A review*, Front. Pharmacol. **2018**, 9, 309.

## Właściwości terapeutyczne kannabinoidów

**Beata Szmigiel-Merena<sup>1</sup>, Daria Kaczmarczyk<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Wyższa Szkoła Fizjoterapii, Instytut Kosmetologii, ul. T. Kościuszki 4,  
50-038 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa, Instytut Zdrowia, ul. Zamkowa 4, 58-  
300 Wałbrzych, Polska

Konopie (*Cannabis* L.) są roślinami, które od wieków wykorzystuje się ze względu na swoje właściwości lecznicze. Zawierają wiele związków chemicznych, w tym przede wszystkim kannabinoidy, które oddziałują z układem endokannabinoidowym, odgrywającym kluczową rolę w regulacji homeostazy organizmu. THC (tetrahydrokannabinol) i CBD (kannabidiol) to dwa z głównych kannabinoidów występujących w konopi. THC działa bezpośrednio na receptory CB1 w mózgu, co powoduje efekt psychoaktywny. CBD działa słabiej na receptory CB1, ale wykazuje działanie na wiele innych, w tym na receptory CB2, co wpływa korzystnie na zdrowie. Z psychoaktywnego THC, którego jest więcej w odmianie indyjskiej (*Cannabis sativa* L. var. *Indica*) powstają leki, zaś z niepsychoaktywnego CBD, którego jest więcej w odmianie siewnej (*Cannabis sativa* L. var. *Sativa*) powstaje m.in. olej konopny CBD [1,2].

Konopie coraz częściej wykorzystywane są w przemyśle farmaceutycznym oraz kosmetycznym. Ich składy chemiczne, bogate w substancje aktywne, takie jak kannabinoidy, terpeny, flawonoidy oraz tokoferole, wpływają na skuteczność leczniczą tej rośliny. Działają ochronnie na układ sercowo-naczyniowy i nerwowy, przeciwzapalnie, antyoksydacyjnie, przeciwbakteryjnie oraz przeciwnowotworowo [3,4].

CBD może być wykorzystywany zarówno zewnętrze, jak i wewnętrznie. Zawiera wiele niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, które pomagają utrzymać prawidłowy poziom cholesterolu we krwi. Wykazuje pozytywne działanie w przypadku leczenia stanów zapalnych skóry, takich jak trądzik, łuszczyca, atopowe zapalenie skóry. CBD znajduje zastosowanie w kosmetykach do skóry wrażliwej, produktach do aromaterapii oraz jako środek wspomagający gojenie ran. Olejek eteryczny z konopi posiada właściwości przeciwbakteryjne i wykorzystywany jest jako środek konserwujący oraz składnik zapachowy [3,5].

### LITERATURA

- [1] S. M. Baswan, A. E. Klosner, K. Glynn, A. Rajgopal, K. Malik, S. Yim, N. Stern, *Therapeutic potential of cannabidiol (CBD) for skin health and disorders*, Clin. Cosmet. Investig. Dermatol. **2020**, 13, 927-942.
- [2] A. Vastolo, S. Calabrò, S. Pacifico, B. I. Koura, M. I. Cutrignelli, *Chemical and nutritional characteristics of Cannabis sativa L. co-products*, J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. **2021**, 105, 1-9.
- [3] S. Atalay, I. Jarocka-Karpowicz, E. Skrzydlewska, *Antioxidative and anti-inflammatory properties of cannabidiol*, Antioxidants, **2020**, 9, 21.
- [4] T. Gruber, S. Robatel, M. Kremenovic, L. Bärswyl, J. Gertsch, M. Schenk, *Cannabinoid receptor type-2 in B cells is associated with tumor immunity in melanoma*, Cancers, **2021**, 13, 1934.
- [5] D. H. Marks, A. Friedman, *The therapeutic potential of cannabinoids in dermatology*, Skin Therapy Lett. **2018**, 23, 1-5.

# Wykorzystanie modeli komórkowych do oceny bioaktywności związków pochodzenia naturalnego w celu poszukiwania potencjalnych strategii terapeutycznych

**Agnieszka Śmieszek, Ewa Dejnaka, Joanna Sulecka-Zadka,  
Bożena Obmińska-Mrukowicz**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra  
Farmakologii i Toksykologii, ul. Norwida 31, 50-375 Wrocław, Polska*

Postęp w odkrywaniu nowych związków pochodzenia naturalnego jest znaczący, co ilustruje dynamikę badań w tym zakresie, na którą mają istotny wpływ zróżnicowanie strukturalne i właściwości fizykochemiczne cząsteczek wytwarzanych przez rośliny, mikroorganizmy i owady. Jednak niewielki odsetek z nowo opisanych związków jest poddawany kompleksowej ocenie biologicznej służącej określeniu ich potencjału terapeutycznego. Jednocześnie, zgodnie z danymi udostępnionymi przez Światową Organizację Zdrowia (WHO), nasze społeczeństwo chętnie korzysta z farmaceutyków pochodzenia naturalnego, więc dokładna i adekwatna ocena ich cytotoksyczności jest niezbędna[1]. Proces oceny substancji pochodzenia naturalnego i ich rozwijania w pełnowartościowe leki jest złożony i wymaga przeprowadzenia zaawansowanych badań przedklinicznych, toksykologicznych i klinicznych I, II i III stopnia. Pierwszym właściwym krokiem w ocenie bioaktywności związków naturalnych są badania przesiewowe (*screening*) prowadzone z wykorzystaniem modeli komórkowych. Przeprowadzenie badań w kontrolowanych warunkach na hodowlach komórkowych (*in vitro*) jest również istotnym elementem realizacji zasady 3R, która kładzie nacisk na minimalizację użycia zwierząt laboratoryjnych w badaniach biomedycznych i która opiera się na idei zastępowania, redukcji i doskonalenia układów eksperymentalnych (3R: *Replacement, Reduction, Refinement*). Szybki rozwój biotechnologii umożliwił izolację i hodowlę wielu rodzajów komórek, które wykazują różny stopień podobieństwa do rzeczywistości obecnych w żywym organizmie. Złotym standardem w analizach prowadzonych na poziomie komórkowym są wysokoprzepustowe testy przesiewowe, polegające w dużej mierze na ocenie oddziaływania badanych związków na funkcję metaboliczną komórek. Testy te pozwalają wyselekcjonować najbardziej obiecujące bioaktywne związki o niskiej cytotoksyczności, które dalej poddawane są badaniom nakierowanym na identyfikację mechanizmu działania cząsteczek i ich wpływu na cytofizjologię wybranej populacji komórek. Badania te są prowadzone w postaci monowarstwy (*monolayer*) i posiadają istotne ograniczenia – przede wszystkim brak wiernego oddania heterogenności i złożoności tkanki/organu. Natomiast technologie trójwymiarowe tj. hodowle 3D i organoidy, umożliwiają rozwinięcie bardziej złożonych struktur komórkowych i są elementem zmniejszającym dystans między modelami *in vitro* a *in vivo*. Wybór odpowiednich metod i modeli biologicznych do oceny aktywności różnych leków i substancji, w tym związków naturalnych powinien uwzględniać wiele aspektów, między innymi ich relewantność biologiczną w oparciu o właściwości badanej substancji i potencjalne znaczenie kliniczne. Dobrze zaprojektowane eksperymenty prowadzone na modelu *in vitro* pozwalają na skuteczniejsze, bardziej precyzyjne i odpowiedzialne badania nad potencjalnymi lekami i suplementami pochodzenia naturalnego.

## LITERATURA

- [1] M. A. Barkat, A. Goyal, H. A. Barkat, M. Salauddin, F. H. Pottou, E. T. Anwer, *Herbal medicine: clinical perspective and regulatory status*, Comb. Chem. High Throughput Screen. **2021**, 24, 1573-1582.
- [2] C. Barba-Ostria, S. E. Carrera-Pacheco, R. Gonzalez-Pastor, J. Heredia-Moya, A. Mayorga-Ramos, C. Rodríguez-Pólit, J. Zúñiga-Miranda, B. Arias-Almeida, L. P. Guamán, *Evaluation of biological activity of natural compounds: current trends and methods*, Molecules **2022**, 27, 4490.

## Zeolity hierarchiczne jako nowoczesne nośniki dla fotodynamicznego uwalniania kurkuminy

Agnieszka Feliczak-Guzik, Ewelina Musielak, Izabela Nowak

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, Polska*

Zeolity hierarchiczne to materiały charakteryzujące się występowaniem tzw. wtórnej porowatości, tzn. oprócz mikroporów w rozmiarze  $< 2\text{nm}$  według klasyfikacji IUPAC, w materiałach tych obecny jest dodatkowy system porów, głównie w zakresie mezoporów. Materiały te mogą być wykorzystywane jako nośniki substancji aktywnych, ułatwiając tym samym ich przedłużone uwalnianie oraz transport do konkretnych tkanek i narządów [1].

Kurkumina to wyizolowana z korzenia ostryżu długiego (*Curcuma longa* L.) naturalna substancja zaliczana do grupy polifenoli. Znalazła ona zastosowanie jako środek przeciwzapalny, przeciwutleniający, przeciwingienny i przeciwnowotworowy [1]. Ponadto, stanowi ona potencjalną substancję aktywną wykorzystywaną w terapiach fotodynamicznych (PDT), które są jedną z metod używanych w leczeniu chorób nowotworowych, poprzez zastosowanie substancji aktywnych, określanych mianem „fotouczulacza” oraz promieniowania o ściśle określonej energii. Pomimo innowacyjności tej metody jest ona ograniczona trudnościami w stosowaniu „fotosensybilizatorów”, takich jak kurkumina, ze względu na jej niską rozpuszczalność w wodzie, co utrudnia kliniczne zastosowanie tej techniki. Zastosowanie „fotouczulacza” wraz z odpowiednimi nośnikami, takimi jak hierarchiczne zeolity, stanowi potencjalną strategię kompensacji tej niedogodności. Dlatego celem prowadzonych badań było opracowanie fotodynamicznego uwalniania kurkuminy, w symulowanych warunkach żołądkowo-jelitowych, z hierarchicznych zeolitów przy użyciu klasycznej metody uwalniania w obiegu otwartym (metoda I) i nowej techniki uwalniania w obiegu zamkniętym z wykorzystaniem światła o różnych długościach fal (metoda II). W przypadku zastosowania metody I, uwalnianie kurkuminy następowało wolniej i w znacznie mniejszym stopniu w stosunku do metody II. Prawdopodobnie spowodowane było to tym, że kurkumina jest bardzo wrażliwa na światło. Dlatego też fotodynamiczne uwalnianie kurkuminy z nośników zeolitowych, prowadzone w obiegu zamkniętym, okazało się korzystniejszą i skuteczniejszą metodą; uwalnianie kurkuminy następowało znacznie szybciej, procent jej uwolnienia był dwukrotnie wyższy aniżeli w przypadku klasycznej metody uwalniania. Największy wpływ na szybkość i efektywność uwalniania kurkuminy z nośnika zeolitowego wywierało światło o długości fali w zakresie 430-525 nm (niebiesko-cyjanowo-zielone). W takim przypadku procent uwolnienia substancji aktywnej (kurkuminy), pod wpływem światła, wynosił 53,24%.

### PODZIĘKOWANIA

Praca została zrealizowana w ramach projektu "Zaawansowane biokompozyty dla gospodarki jutra BIOG-NET", finansowanego przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej ze środków Europejskiego Regionalnego Funduszu BIOG-NET", (POIR.04.04.00-00-1792/18-00).

### LITERATURA

[1] E. Musielak, A. Feliczak-Guzik, M. Jaroniec, I. Nowak, *Photodynamic light-triggered release of curcumin from hierarchica FAU zeolite*, Catalysts **2023**, 13, 394-419.



## Związki pochodzenia naturalnego w leczeniu nowotworów u psów – aktualne trendy w weterynaryjnej onkologii

**Aleksandra Pawlak, Ewa Dejnaka, Joanna Sulecka-Zadka, Karolina Kapturska, Bożena Obmińska-Mrukowicz**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, ul. C.K. Norwida 31, 50-375 Wrocław, Polska*

Poszukiwanie związków naturalnych o potencjalnym działaniu przeciwnowotworowym jest ważnym i uznanym kierunkiem badawczym we współczesnej onkologii. Szczegółowym testom poddawane są zarówno znane związki o udowodnionej aktywności biologicznej, które nie były wcześniej stosowane w onkologii, jak i nowo odkryte substancje zawarte w roślinach i grzybach, a nawet te wytwarzane przez organizmy zwierząt (np. gąbki).

Związki pochodzenia naturalnego o potencjalnym działaniu przeciwnowotworowym, także będące składnikami suplementów diety są chętnie stosowane przez ludzi zmagających się z chorobą nowotworową. Tym samym coraz częściej pojawiają się pytania o możliwość stosowania tego typu preparatów, także u weterynaryjnych pacjentów onkologicznych, ponieważ istnieje wiele podobieństw na poziomie genetycznym i komórkowym, jak również epidemiologicznym i klinicznym między nowotworami u psów i ludzi. Podobne są też czynniki prognostyczne i rokownicze, a także porównywalna jest odpowiedź na zastosowane leczenie. Dlatego prowadzi się coraz więcej badań naukowych na temat przeciwnowotworowego działania substancji naturalnych z wykorzystaniem psa jako modelu badawczego, a wraz z rosnącym popytem na tego typu preparaty – nowe produkty weterynaryjne pojawiają się na rynku i są dostępne dla właścicieli zwierząt z chorobą nowotworową. Przykładami takich związków naturalnych, które zostały przebadane z zastosowaniem psiego modelu badawczego i które są aktualnie dostępne w postaci dedykowanych do stosowania u zwierząt preparatów są np. produkty zawierające kannabinoidy [1] i resweratrol [2]. Do suplementów diety, które są chętnie stosowane przez właścicieli zwierząt z nowotworami należą także produkty zawierające sproszkowane grzyby Chaga (pol. Błyskoporek podkorowy) [3] czy tradycyjny chiński suplement sprzedawany pod nazwą Yunnan Baiyao [2].

Popularność i powszechna dostępność naturalnych produktów przeznaczonych do stosowania wspomagającego w leczeniu nowotworów u zwierząt niesie za sobą konieczność prowadzenia rzetelnych badań, które faktycznie potwierdzą skuteczność działania tych preparatów i dostarczą lekarzom-klinicytom niezbędnych danych, koniecznych do ustalenia prawidłowych wskazań do ich stosowania i tym samym zapewnienia weterynaryjnym pacjentom bezpieczeństwa stosowania.

### LITERATURA

- [1] L. P. de Lorimier, T. Hazzah, E. Amazonas, S. Cital, *Cannabinoids in oncology and immune response*. W: *Cannabis therapy in veterinary medicine: a complete guide*, red. S. Cital, K. Kramer, L. Hughston, J. S. Gaynor, **2021**, Springer, Cham, 231-269.
- [2] K. M. Kapturska, A. Pawlak, *New molecular targets in canine hemangiosarcoma—comparative review and future of the precision medicine*, *Vet. Comp. Oncol.* **2023**, 21, 357-377.
- [3] A. Abugomaa, M. Elbadawy, Y. Ishihara, H. Yamamoto, M. Kaneda, H. Yamawaki, Y. Shinohara, T. Usui, K. Sasaki, *Anti-cancer activity of Chaga mushroom (Inonotus obliquus) against dog bladder cancer organoids*, *Front. Pharmacol.* **2023**, 14, 1159516.

# Aktywność cytotoksyczna i wpływ na błonę biologiczną $\beta$ -arylo- $\delta$ -jodo- $\gamma$ -laktonów o potencjale przeciwnowotworowym

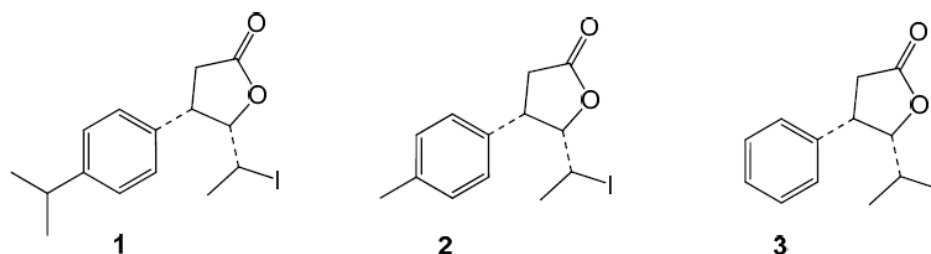
**Aleksandra Włoch<sup>1</sup>, Hanna Pruchnik<sup>1</sup>, Aleksandra Hołubniak<sup>2</sup>, Kamila Raczek<sup>2</sup>, Witold Gładkowski<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Fizyki i Biofizyki, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Koło Naukowe „OrgChem” ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>3</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Chemii Żywności i Katalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

W celu poszukiwania nowych, skutecznych związków o potencjale przeciwnowotworowym, które nie wykazują aktywności cytotoksycznej wobec komórek prawidłowych, naszą uwagę zwróciły laktony z pierścieniem aromatycznym. Związki te charakteryzują się wysoką aktywnością przeciwnowotworową. Przedmiotem niniejszej pracy było określenie aktywności cytotoksycznej względem krwinek czerwonych oraz wpływu na właściwości fizykochemiczne błony białkowo-lipidowej trzech wybranych racemicznych *cis*- $\beta$ -arylo- $\delta$ -jodo- $\gamma$ -laktonów, które we wcześniejszych badaniach wykazały aktywność przeciwnowotworową względem linii komórkowych Jurkat (ludzka białaczka T-komórkowa) i D-17 (kostniakomięsak psi). Badane jodolaktone różniły się strukturą aromatycznego fragmentu cząsteczki, który zawierał pierścień benzenowy podstawiony w pozycji *para* grupą izopropylową (**1**), metylową (**2**) lub nie zawierał w tej pozycji podstawnika alkilowego (**3**) (Rys. 1).



Rys. 1 Struktury chemiczne badanych  $\beta$ -arylo- $\delta$ -jodo- $\gamma$ -laktonów 1-3.

Badania wykazały różną aktywność cytotoksyczną względem krwinek czerwonych oraz różny wpływ na parametry fizykochemiczne błony badanych związków. Różnica ta była zależna od obecności i rodzaju podstawnika alkilowego. Lakton z podstawnikiem *p*-izopropylfenyloowym wbudowywał się w dwuwarstwę lipidową głębiej niż laktony z podstawnikami *p*-metylofenyloowym oraz fenylowym. Konsekwencją tego był wzrost jego cytotoksyczności względem krwinek czerwonych oraz bardziej znaczące zmiany w organizacji błony (wzrost upakowania w obszarze hydrofilowym oraz nieznaczny wzrost płynności łańcuchów węglowodorowych) [1].

## LITERATURA

[1] A. Włoch, D. Stygar, F. Bahri, B. Bażanów, P. Kuropka, E. Chełmecka, H. Pruchnik, W. Gładkowski, *Antiproliferative, antimicrobial and antiviral activity of  $\beta$ -aryl- $\delta$ -jodo- $\gamma$ -lactones, their effect on cellular oxidative stress markers and biological membranes*, Biomolecules **2020**, 10, 1594.

## Wpływ jodolaktonów z pierścieniem benzodioksolowym na potencjał mitochondrialny komórek chłoniaka psa

**Ewa Deinaka<sup>1</sup>, Marta Henklewska<sup>1</sup>, Witold Gładkowski<sup>2</sup>, Bożena Obmińska-Mrukowicz<sup>1</sup>, Aleksandra Pawlak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, ul. C.K. Norwida 31, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

Laktony to związki bioaktywne, powszechnie występujące w przyrodzie, które posiadają różne właściwości biologiczne. Szczególnie interesujące są te, które w swojej strukturze posiadają pierścień aromatyczny, gdyż między innymi dzięki temu wykazują aktywność przeciwnowotworową [1]. W naszych badaniach skupiliśmy się na poszukiwaniu związków pochodzenia naturalnego, które wykazują właściwości cytotoksyczne w stosunku do komórek nowotworów hematopoetycznych psa. Jednymi z takich związków okazały się uzyskane na drodze syntezy  $\beta$ -arylo- $\delta$ -jodo- $\gamma$ -laktony, których aktywność sprawdziliśmy w stosunku do komórek chłoniaka psa. Celem badania było określenie wpływu dwóch enancjomerycznych jodolaktonów z pierścieniem benzodioksolowym o konfiguracjach 4*S*,5*R*,6*S* i 4*R*,5*S*,6*R* na potencjał mitochondrialny chłoniaka B-komórkowego psa. W badaniu wykorzystano ustaloną linię komórkową psiego chłoniaka typu B – CLBL-1 [2]. Wpływ testowanych jodolaktonów na potencjał mitochondrialny oceniono po 48 godzinach inkubacji z badanymi enancjomerami w zakresie stężeń od 12,5 do 50  $\mu$ M, za pomocą testu MitoProbe (ThermoFisher Scientific) i poprzez określenie stresu oksydacyjnego z zastosowaniem cytometrii przepływowej. Badanie wykazało, że obydwa testowane jodolaktony zaburzają potencjał mitochondrialny komórek linii CLBL-1, wykazując istotne działanie cytotoksyczne. Zaobserwowano pewne różnice w działaniu każdego z enancjomerów - jodolakton o konfiguracji 4*S*,5*R*,6*S* wykazywał wyższą aktywność w przeprowadzonych testach niż jego enancjomer.

### LITERATURA

- [1] A. Pawlak, W. Gładkowski, J. Kutkowska, M. Mazur, B. Obmińska-Mrukowicz, A. Rapak, *Enantiomeric trans  $\beta$ -aryl- $\delta$ -iodo- $\gamma$ -lactones derived from 2, 5-dimethylbenzaldehyde induce apoptosis in canine lymphoma cell lines by downregulation of anti-apoptotic Bcl-2 family members Bcl-xL and Bcl-2*, Bioorg. Med. Chem. Lett. **2018**, 28, 1171-1177.
- [2] B. C. Rütgen, S. E. Hammer, W. Gerner, M. Christian, A. G. de Arespachaga, M. Willmann, M. Kleiter, I. Schwendenwein, A. Saalmüller, *Establishment and characterization of a novel canine B-cell line derived from a spontaneously occurring diffuse large cell lymphoma*, Leuk Res. **2010**, 34, 932-938.

## Porównanie wpływu enancjomerycznych jodolaktonów o potencjale przeciwnowotworowym na strukturę i płynność mimetycznych błon komórek nowotworowych i prawidłowych

**Hanna Pruchnik<sup>1</sup>, Jagoda Siodła<sup>1</sup>, Aleksandra Włoch<sup>1</sup>, Witold Gładkowski<sup>2</sup>, Anita Dudek<sup>1</sup>, Paulina Strugała-Danak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Fizyki i Biofizyki, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

Naturalne i syntetyczne laktony zawierające pierścień aromatyczny wykazują szereg właściwości biologicznych, np.: przeciwzapalnych, przeciwbakteryjnych, przeciwwirusowych oraz przeciwnowotworowych. Na szczególną uwagę ze względu na aktywność cytostatyczną wobec komórek nowotworowych zasługują  $\gamma$  i  $\delta$ -laktony z podstawnikami aromatycznymi w pozycji  $\beta$  [1-2]. Wykazano, że enancjomeryczne jodolaktony wykazują odmienną aktywność antyproliferacyjną [1]. Ze względu na niezwykle interesujące właściwości laktonów istotne jest dogłębne poznanie mechanizmu ich oddziaływania z komórkami, w tym z błoną komórkową.

Celem niniejszych badań była analiza i porównanie wpływu dwóch enancjomerycznych laktonów z pierścieniem 2,5-dimetylofenylowym na strukturę i płynność błon komórek prawidłowych i nowotworowych. Testy *in vitro* wykazały znaczącą aktywność antyproliferacyjną tych związków względem linii D17, CLBL-1, GL-1 oraz Jurkat, przy czym bardziej aktywny wobec linii Jurkat i D17 był enancjomer 4*R*,5*R*,6*S* [1]. Przy wykorzystaniu metod spektroskopowych zbadano wpływ obu enancjomerów na błony komórek erytrocytów oraz dodatkowo na dwa modele błon: białkowo-lipidową (cienie erytrocytów) oraz mimetyczną błonę komórek nowotworowych (liposomy jednowarstwowe). Stwierdzono, że w szerokim zakresie stężeń (10 - 100  $\mu$ M), badane związki nie powodują hemolizy erytrocytów, nie są względem nich cytotoksyczne. Przy użyciu znaczników fluorescencyjnych Laurdan i DPH wyznaczono współczynnik uogólnionej polaryzacji i anizotropię fluorescencji, co umożliwiło ocenę zmian uporządkowania oraz płynności błony lipidowej w różnych jej obszarach. Badane związki nieznacznie zmieniają płynność w obszarze hydrofobowym dwuwarstwy lipidowej błony erytrocytów i mimetycznej błony komórek nowotworowych. Stopień zmian płynności zależał od czasu inkubacji oraz stężenia związku. Nie stwierdzono natomiast znaczących różnic pomiędzy enancjomerami w oddziaływaniu na wybrane modele błon.

### LITERATURA

- [1] W. Gładkowski, A. Skrobiszewski, M. Mazur, A. Gliszczyńska, M. Czarnecka, A. Pawlak, B. Obmińska-Mrukowicz, G. Maciejewska, A. Białońska, *Chiral  $\delta$ -iodo- $\gamma$ -lactones derived from cuminaldehyde, 2,5-dimethylbenzaldehyde and piperonal: chemoenzymatic synthesis and antiproliferative activity*, Tetrahedron: Asymmetry, **2016**, 27, 227-237.
- [2] W. Gładkowski, *Otrzymywanie i właściwości biologiczne racemicznych i optycznie czynnych laktonów z pierścieniem aromatycznym w pozycji  $\beta$* , Wiad. Chem. **2023**, 77, 509-531.

# Liposomy fosfolipidowe jako doskonały model do badania wpływu związków bioaktywnych na parametry fizykochemiczne błony

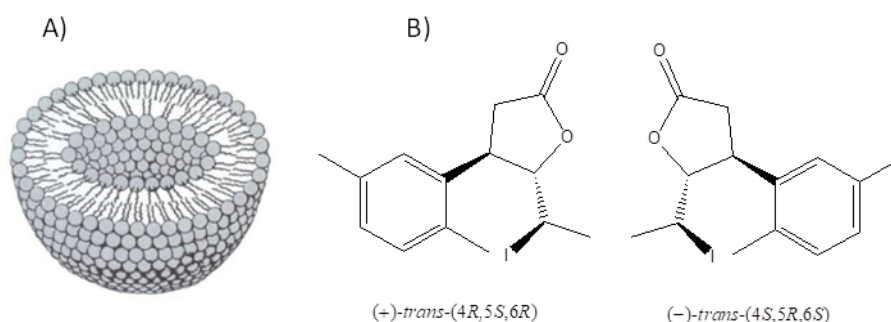
**Hanna Pruchnik<sup>1</sup>, Aleksandra Włoch<sup>1</sup>, Witold Gładkowski<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Fizyki i Biofizyki, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

Jednym z głównych składników błon komórkowych są lipidy, wśród których najbardziej liczną grupę stanowią fosfolipidy. Ze względu na właściwości amfifilowe, posiadają one zdolność do samoorganizacji w środowisku wodnym tworząc różne struktury, do których należą pęcherzyki lipidowe zwane liposomami (Rys. 1A). Liposomy mogą mieć różne rozmiary oraz prawie dowolnie dobrany skład dwuwarstwy, odzwierciedlający błonę lipidową różnorodnych komórek. Zaletą tych modelowych błon jest to, że tworzą stabilne, dobrze zdefiniowane układy, których skład można łatwo zmieniać. Podobieństwo właściwości liposomów do właściwości błon biologicznych powoduje, że są modelowym obiektem do badania wpływu związków biologicznie aktywnych na parametry fizykochemiczne błon biologicznych. Są powszechnie stosowane w badaniach molekularnego mechanizmu fuzji błon, w badaniach transportu przez błony, w badaniach oddziaływań białek, leków i innych substancji z lipidami [1].

Celem naszych badań było wykorzystanie dimirystoilofosfatydylocholiny (DMPC) do stworzenia uproszczonego modelu błony (liposomów) i określenie wpływu dwóch enancjomerów jodolaktonu z pierścieniem 2,5-dimetylofenylowym (Rys. 1B) na ich płynność, uporządkowanie i temperaturę przejścia fazowego DMPC. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu kilku metod biofizycznych jak spektroskopia fluorescencyjna, różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC) oraz spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR).



Rys. 1 A) Pęcherzyk lipidowy (liposom) B) Struktury chemiczne badanych enancjomerów jodolaktonu z pierścieniem 2,5-dimetylofenylowym.

Wyniki wykazały, że oba enancjomery powodują znaczny wzrost uporządkowania w obszarze główek polarnych lipidów, natomiast tylko enancjomer 4S,5R,6S powodował zmiany w obszarze hydrofobowym i wpływał na temperaturę głównego przejścia fazowego. Wiedza uzyskana w wyniku tych badań jest kluczowa do lepszego zrozumienia aktywności biologicznej badanych związków.

## LITERATURA

[1] K. Dołowy, A. Szewczuk, S. Pikula, *Błony biologiczne* 2003, Wydawnictwo Śląsk, Katowice.

## Aktywność przeciwutleniająca 2'-aminochalkonu i jego pochodnych

**Joanna Kozłowska<sup>1</sup>, Bartłomiej Potaniec<sup>1,2</sup>, Mirosław Anioł<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław*

<sup>2</sup>*Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii, Centrum  
Inżynierii Materiałowej, Grupa Badawcza Syntezy Zaawansowanych Materiałów,  
ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław, Polska*

Chalkony należą do ogromnej grupy związków bioaktywnych i stanowią jedną z klas związków flawonoidowych. Jako metabolity wtórne roślin chronią je przed uszkodzeniami spowodowanymi przez mikroorganizmy, owady czy też zwierzęta. Z punktu widzenia budowy chemicznej są to  $\alpha,\beta$  nienasycone ketony, które poprzez różnorodność podstawników przyłączonych do pierścieni aromatycznych w różnych pozycjach charakteryzują się szerokim spektrum właściwości biologicznych. Wśród najczęściej opisywanych wyróżnia się aktywność przeciwnowotworową, przeciwdrobnoustrojową oraz antyoksydacyjną [1-2].

Celem badań było określenie aktywności przeciwutleniającej 2'-aminochalkonu i jego pochodnych zawierających grupę etylową, karboksylową, nitrową lub *O*-benzylową w pozycji C-4, a także grupę *O*-metylową w pozycji C-3 i *O*-benzylową w pozycji C-4. Związki użyte do badań otrzymano w reakcji Claisena-Schmidta z wydajnościami sięgającymi 89% [3]. Ich aktywność antyoksydacyjna została określona na podstawie zdolności wygaszania rodnika DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylu), która była mierzona przy długości fali 515 nm. Na podstawie uzyskanych pomiarów absorbancji wyznaczono parametr EC<sub>50</sub>, który oznacza stężenie związku niezbędne do obniżenia początkowej wartości DPPH o 50%. Wyniki dla 2'-aminochalkonu i jego pochodnych porównano z wartością EC<sub>50</sub> dla substancji referencyjnej – kwasu askorbinowego.

### LITERATURA

- [1] C. W. Mai, M. Yaeghoobi, N. Abd-Rahman, Y. B. Kang, M. R. Pichika, *Chalcones with electron-withdrawing and electron-donating substituents: anticancer activity against TRAIL resistant cancer cells, structure-activity relationship analysis and regulation of apoptotic proteins*, Eur. J. Med. Chem. **2014**, 77, 378–387.
- [2] T. C. Tristão, F. Campos-Buzzi, R. Corrêa, R. C. B. Cruz, V. Cechinel Filho, A. Bella Cruz, *Antimicrobial and cytotoxicity potential of acetamido, amino and nitrochalcones*, Arzneimittelforschung, **2012**, 62, 590–594.
- [3] J. Kozłowska, B. Potaniec, D. Baczyńska, B. Żarowska, M. Anioł, *Synthesis and biological evaluation of novel aminochalcones as potential anticancer and antimicrobial agents*, Molecules, **2019**, 24, 4129.

## Analiza kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 i omega-6 w olejach lnianych dostępnych na polskim rynku

**Natalia Niezgoda, Anna Lisowska**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul.  
Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Olej lniany jest tłoczony z nasion lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum*) i jest jednym z najbogatszych źródeł kwasów tłuszczowych z grupy omega-3, zwłaszcza kwasu  $\alpha$ -linolenowego. Jest to bezbarwny lub lekko żółty olej o charakterystycznym lekko orzechowym smaku i zapachu. Badania polegały na przeprowadzeniu analizy składu kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 i omega-6 w 12 olejach lnianych dostępnych na polskim rynku. Trójglicerydy z olejów zostały poddane transestryfikacji z zastosowaniem metanolanu sodu w celu przeprowadzenia ich w estry metylowe kwasów tłuszczowych, które następnie zostały poddane analizie metodą chromatografii gazowej (GC). We wszystkich badanych próbkach olejów lnianych zidentyfikowano następujące kwasy tłuszczowe: palmitynowy, stearynowy, oleinowy, linolowy (omega-6) i linolenowy (omega-3).

Wyniki analizy składu kwasów tłuszczowych w badanych olejach wskazują na różnorodność zawartości kwasów omega-3 i omega-6 w tych produktach, co ma istotne znaczenie dla ich wartości odżywczej i potencjalnych właściwości prozdrowotnych. Zgodnie z wynikami zawartość kwasów omega-3 mieściła się w przedziale od 1,80% do 62,05%. Oznacza to, że większość badanych olejów (10 próbek) należała do olejów wysokolinolenowych. Kwasy omega-3 są ważne dla zdrowia serca, układu nerwowego i wielu innych funkcji organizmu. Im wyższa zawartość kwasów omega-3, tym bardziej pożądanym jest dany olej z punktu widzenia właściwości prozdrowotnych [1].

Zawartość kwasów omega-6 w badanych olejach mieściła się w zakresie od 11,94% do 69,28%. Dwa oleje pochodziły z odmian lnu niskolinolenowego i charakteryzowały się wysoką zawartością kwasu linolowego. Choć kwasy omega-6 są ważne dla funkcjonowania organizmu, to ich nadmierna ilość w diecie może przyczyniać się do stanów zapalnych i innych problemów zdrowotnych [2]. Dlatego stosunek kwasów omega-6 do omega-3 jest istotny w ocenie jakości oleju lnianego. Stosunek kwasów omega-3 do omega-6 w badanych próbkach wynosił 1:2,5-5. Jeden z olejów cechował się stosunkiem 38:1 i był produkowany z nasion lnu złocistego. Materiały informacyjne znalezione na stronie internetowej producenta mówią, że olej ten jest źródłem łatwo przyswajalnych kwasów omega-3. Zawartość kwasu  $\alpha$ -linolenowego w tym oleju wynosiła zaledwie 1,80%. Zatem uwaga ta może być myląca dla konsumentów.

Zalecany stosunek kwasów omega-6 do omega-3 wynosi od 1:1 do 4:1 [3]. Uzyskane wyniki sugerują, że badane oleje lniane są dobrym źródłem kwasów tłuszczowych z grupy omega-3, co przynosi potencjalne korzyści zdrowotne. Jednak ważne jest, aby spożywać różnorodne źródła kwasów tłuszczowych i zrównoważać ich proporcje, aby zachować odpowiednią równowagę między kwasami omega-3 i omega-6 w diecie.

### LITERATURA

- [1] R. Katiyar, A. Arora, *Health promoting functional lipids from microalgae pool: a review*, Algal Res. **2020**, 46, 101800.
- [2] I. Djuricic, P. C. Calder, *Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: an update for 2021*, Nutrients **2021**, 13, 2421.
- [3] A. P. Simopoulos, *The omega-6/omega-3 fatty acid ratio: health implications*. OCL **2010**, 17, 267-275.

## Receptory związane z białkiem G jako cele molekularne monoacylogliceroli oraz lizofosfadylocholin zawierających izomery kwasu palmitooleinowego

**Eliza Korkus<sup>1</sup>, Marcin Szustak<sup>1</sup>, Grzegorz Dąbrowski<sup>2</sup>, Sylwester Czaplicki<sup>2</sup>, Maria Koziółkiewicz<sup>1</sup>, Iwona Konopka<sup>2</sup>, Edyta Gendaszewska-Darmach<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Politechnika Łódzka, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauk o Żywności, Pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn, Polska*

Otyłość i towarzyszące jej choroby, takie jak cukrzyca typu II, stanowią jeden z najpoważniejszych problemów zdrowotnych na całym świecie i dotyczą już 537 milionów dorosłych osób [1]. Poszukuje się nowych leków przeciwcukrzycowych, ukierunkowanych na receptory związane z białkiem G (ang. *G Protein-Coupled Receptor*, GPCR). Głównie badane GPCR to GPR40, GPR55, GPR119 i GPR120.

Ligandami dla nich okazały się kwasy tłuszczowe oraz lizofosfatydylocholina (LPC), najliczniej występujący lizofosfolipid w organizmie człowieka. Nasze ostatnie badania wykazały stymulację sekrecji insuliny z komórek  $\beta$  trzustki mysiej linii MIN6 oraz ludzkiej linii EndoC- $\beta$ H1 przez kwas *cis* i *trans* palmitooleinowy (16:1, n-7), związaną z aktywacją GPCR [2,3]. W niniejszej pracy przedstawiony zostanie wpływ LPC zawierających izomery kwasu palmitooleinowego oraz monoacylogliceroli z resztą długołańcuchowych kwasów tłuszczowych na wydzielanie insuliny i aktywację wcześniej wspomnianych GPCR.

### PODZIĘKOWANIA

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr 2018/31/B/NZ9/02433.

### LITERATURA

- [1] D. J. Magliano, E. J. Boyko, IDF Diabetes Atlas, **2021**, 10th Edition, [www.diabetesatlas.org](http://www.diabetesatlas.org). (dostęp: 29.06.2023).
- [2] E. Korkus, G. Dąbrowski, M. Szustak, S. Czaplicki, R. Madaj, A. Chworoś, M. Koziółkiewicz, I. Konopka, E. Gendaszewska-Darmach, *Evaluation of the anti-diabetic activity of sea buckthorn pulp oils prepared with different extraction methods in human islet EndoC-betaH1 cells*, NFS J. **2022**, 2, 54-66.
- [3] E. Korkus, M. Szustak, R. Madaj, A. Chworoś, A. Drzazga, M. Koziółkiewicz, G. Dąbrowski, S. Czaplicki, I. Konopka, E. Gendaszewska-Darmach. *Trans palmitoleic acid, a dairy fat biomarker, stimulates insulin secretion and activates G protein-coupled receptors with a different mechanism from the cis isomer*, Food Funct. **2023**, 14, 6496-6512.



## Aktywność biologiczna selektywnie funkcjonalizowanych rezorcynoarenów

**Mariusz Urbaniak<sup>1</sup>, Barbara Gawdzik<sup>1</sup>, Łukasz Lechowicz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Chemii, ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce, Polska*

<sup>2</sup>*Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Biologii, ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce, Polska*

Rezorcynoareny to makrocykliczne związki o wnękowej budowie. Związki te znalazły szereg zastosowań ze względu na łatwość funkcjonalizacji strukturalnych. Grupy dolnej obręczy modyfikuje się najczęściej na etapie syntezy rezorcynoarenu, grupy hydroksylowe i górną obręcz można wydajnie modyfikować na wiele sposobów opisanych w literaturze [1]. Jednak funkcjonalizowanie rezorcynoarenów identycznymi grupami ogranicza możliwości kształtowania wnęki i ich wykorzystania.

Wstępne badania pokazały, że można otrzymać częściowo funkcjonalizowane pochodne rezorcynoarenów w katalizowanej reakcji Mannicha [2]. Pochodne te znalazły zastosowanie np. w syntezie dimerów i heteropodstawionych rezorcynoarenów o chiralności osiowej. Część tych związków może także wykazywać działanie bakteriobójcze lub bakteriostatyczne, co jest niezwykle ważne wobec obserwowanego w warunkach klinicznych wzrostu liczby szczepów bakteryjnych opornych na antybiotyki [3,4]. Celem prowadzonych badań było określenie aktywności biologicznej różnych selektywnie funkcjonalizowanych pochodnych rezorcynoarenu względem wybranej grupy bakterii gram-ujemnych i gram-dodatnich metodą krążkowo-dyfuzyjną.

### LITERATURA

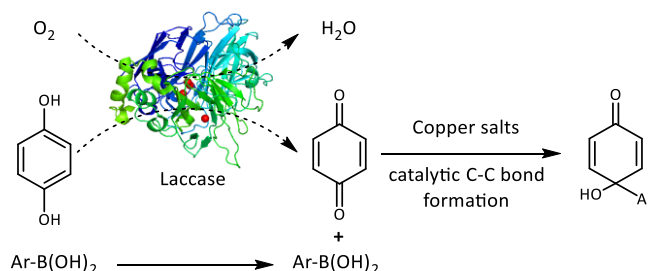
- [1] W. Sliwa, C. Kozłowski, *Calixarenes and resorcinarenes: synthesis, properties and applications*, **2009**, Wiley-VCH, Weinheim.
- [2] M. Urbaniak, A. Pedrycz, B. Gawdzik, A. Wzorek, *Preparation of partially functionalised resorcinarene derivatives*, *Supramol. Chem.* **2013**, 25, 777-781.
- [3] M. Shaaban, S. L. Elshaer, O. A. Abd El-Rahman, *Prevalence of extended-spectrum  $\beta$ -lactamases, AmpC, and carbapenemases in *Proteus mirabilis* clinical isolates*, *BMC Microbiol.* **2022**, 22, 247.
- [4] M. Jara, A. Frediani, F. Zehetmeyer, F. Bruhn, M. Müller, R. Miller, P. Nascente, *Multidrug-resistant hospital bacteria: epidemiological factors and susceptibility profile*, *Microb. Drug Resist.* **2021**, 27, 433-440.

# Chemoenzymatyczne reakcje kaskadowe katalizowane solami miedzi jako efektywna metoda syntezy *p*-chinoli

**Dominik Koszelewski, Anastasiia Hrunyk, Anna Brodzka, Ryszard Ostaszewski**

*Instytut Chemii Organicznej PAN, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa, Polska*

Ugrupowanie *p*-chinolu jest kluczowym motywem strukturalnym występującym w wielu produktach naturalnych (np. Trigonochinene B wyizolowany z *Trigonostemon heterophyllus*), farmaceutycznie istotnych związkach (np. Denudatyna B, działanie przeciwzakrzepowe i wysoka selektywność hamowania cyklooksygenazy 1 (COX1) lub Robutaside D, działanie przeciwmalaryczne przeciwko opornemu *Plasmodium falciparum*) oraz stanowi syntetyczny element budulcowy. W szczególności, zarówno niskocząsteczkowy grawichinon i jakaranon, jak i wysokocząsteczkowy robutazyd wykazują selektywną i wysoką cytotoksyczność wobec linii komórek nowotworowych [1].



Rys. 1 Synteza pochodnych *p*-chinolu na drodze kaskadowej reakcji chemoenzymatycznej.

Ostatnio nasz zespół opracował nową, łagodną metodę syntezy *p*-chinoli bazującą na katalizowanej miedzią addycji kwasu fenyloboronowego do chinonu. Reakcja ta przebiega w temperaturze pokojowej w wodzie [2]. Niestety, metoda ta ma pewne ograniczenia wynikające z wąskiego zakresu możliwych do uzyskania z umiarkowaną wydajnością produktów. Zastosowanie podejścia kaskadowego łączącego katalizę enzymatyczną z katalizą klasyczną promowaną solami miedzi umożliwiło uzyskanie szerszej gamy strukturalnie zróżnicowanych *p*-chinoli z bardzo wysokimi wydajnościami. Przedstawione zostaną wyniki naszych badań nad kaskadową reakcją chemoenzymatyczną prowadzącą do *p*-chinoli (Rys. 1) [3]. Omówiony zostanie wpływ warunków reakcji, środowiska reakcji oraz rodzaju enzymu na przebieg reakcji kaskadowej.

## PODZIĘKOWANIA

Niniejsza praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS nr 2019/33/B/ST4/01118.

## LITERATURA

- [1] Y. X. Li, *A new diterpene from the stems of Trigonostemon heterophyllus*, Chin. J. Nat. Med. **2014**, 12, 297-304.
- [2] D. Koszelewski, R. Ostaszewski, *The sustainable copper-catalyzed direct formation of highly functionalized p-quinols in water*, Sus. Chem. Pharm. **2022**, 25, 100576.
- [3] J. Samsonowicz-Górski, A. Hrunyk, A. Brodzka, D. Koszelewski, R. Ostaszewski, *Chemoenzymatic cascade reaction as a sustainable and scalable access to para-quinols*, Green Chem. **2023**, zaakceptowany do druku, <https://doi.org/10.1039/D3GC01638B>.

## Synteza i struktura laktonów z pierścieniem piryd-2-yłowym

**Magdalena Kwiatkowska, Alicja Wzorek**

*Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Chemii, ul. Uniwersytecka 7,  
25-406 Kielce, Polska*

Laktony należą do związków, które powszechnie występują w świecie roślin i zwierząt [1]. Te heteroaromatyczne połączenia, które można traktować jak wewnętrzne estry, często wykazują właściwości, które stanowią o ich atrakcyjności. Odpowiedzialne za zapach kwiatów, zapach i smak niektórych owoców i warzyw, mogą wykazywać m.in. działanie antynowotworowe, antibakteryjne czy antygrzybicze. Również laktony otrzymane na drodze syntetycznej mogą charakteryzować się aktywnością biologiczną, a modyfikacje struktur występujących w naturze często wpływają na wzmocnienie ich właściwości [2].

Ze względu na wszechstronność możliwych zastosowań, postanowiono podjąć próbę zsyntezowania laktonów, które w cząsteczce posiadają oprócz pierścienia laktonowego heterocykliczne ugrupowanie pirydyłowe. Oczekiwane  $\delta$ - i  $\gamma$ -laktony otrzymano na drodze wieloetapowej syntezy wychodząc z 2-bromopirydyny. W pierwszym etapie otrzymano alkohol z wykorzystaniem związków Grignarda, który poddano przegrupowaniu Claisena. Pierścień laktonowy otrzymano odpowiednio z estru stosując *N*-chloro-, *N*-bromo-podstawione imidy kwasu bursztynowego lub z kwasu przy wykorzystaniu  $I_2/KI$ ,  $NaHCO_3$  w układzie dwufazowym woda – eter dietylowy. W przypadku bromo- i chlorolaktonizacji otrzymano stereospecyficznie jeden  $\delta$ -lakton, natomiast w przypadku jodolaktonizacji – oprócz spodziewanego  $\delta$ -laktonu, z mieszaniny poreakcyjnej wyizolowano również izomeryczne  $\gamma$ -hydroksylaktony.



Rys. 1 Struktura  $\delta$ - i  $\gamma$ -laktonów z ugrupowaniem piryd-2-yłowym (Gaussian 09W).

Strukturę otrzymanych połączeń potwierdzono za pomocą metod spektralnych (IR,  $^1H$  NMR,  $^{13}C$  NMR) i spektrometrii mas (ESI-MS).

### LITERATURA

- [1] A. Kozioł, L. Mroczko, M. Niewiadomska, S. Lochyński,  *$\gamma$ -Lactones with potential biological activity*, Pol. J. Nat. Sci. **2017**, 32, 495-511.  
[2] S. K. Sartori, M. A. Nogueira Diaz, G. Diaz-Muñoz, *Lactones: Classification, synthesis, biological activities, and industrial applications*, Tetrahedron **2021**, 84, 1-39.

## Synteza jodolaktonów z waniliny

**Anna Dunal, Witold Gładkowski**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

Laktony to grupa związków chemicznych będących wewnątrzcząsteczkowymi estrami hydroksykwasów. Związki te naturalnie produkowane są przez rośliny, owady czy mikroorganizmy jako metabolity wtórne. Wykazują szereg aktywności biologicznych takich jak m.in. właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwbólowe, przeciwnowotworowe oraz przeciwzapalne [1]. Wykazano, że laktony zawierające pierścień aromatyczny mają zdolność do ograniczenia aktywności proliferacyjnej komórek nowotworowych poprzez m.in. inaktywację enzymów niezbędnych do wzrostu i rozmnażania komórek rakowych [2]. Z uwagi na swoje właściwości zarówno laktony naturalne jak i syntetyczne wykorzystywane są na dużą skalę w przemyśle medycznym oraz farmaceutycznym do produkcji antybiotyków, leków przeciwgrzybiczych i przeciwbólowych oraz potencjalnych leków przeciwnowotworowych.

Celem przedstawionych badań było otrzymanie jodolaktonów z waniliny, naturalnie występującego aldehydu aromatycznego. Kolejne etapy syntezy poprzedziło zablokowanie grupy hydroksylowej substratu. Następnie przeprowadzona została kondensacja aldolowa otrzymanej pochodnej waniliny z acetonem, w wyniku której otrzymany został nienasycony keton, który z kolei zredukowano do alkoholu allilowego. W kolejnym kroku został on poddany kondensacji Claisena w ortoocetanowej modyfikacji Johnsona, a powstały  $\gamma,\delta$ - nienasycony ester zhydrolizowano do kwasu karboksylowego. Przeprowadzona w układzie dwufazowym jodolaktonizacja otrzymanego kwasu pozwoliła na uzyskanie trzech jodolaktonów. Struktury otrzymanych związków zidentyfikowano wykorzystując jedno- i dwuwymiarową spektroskopię magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR).

W dalszej części badań zostanie opracowana metoda selektywnego zdjęcia grupy blokującej w powstałych jodolaktonach, a końcowe produkty zostaną poddane testom na aktywność antyproliferacyjną względem komórek nowotworowych.

### LITERATURA

- [1] W. Gładkowski, A. Skrobiszewski, M. Mazur, M. Siepka, A. Pawlak, B. Obmińska-Mrukowicz, A. Białońska, D. Poradowski, A. Drynda, M. Urbaniak, *Synthesis and anticancer activity of novel halolactones with  $\beta$ -aryl substituents from simple aromatic aldehydes*, Tetrahedron **2013**, 69, 100414-10423.
- [2] L-H. Chen, J. Fang; H. Li, W. Demark-Wahnefried, X. Lin, *Enterolactone induces apoptosis in human prostate carcinoma LNCaP cells via a mitochondrial-mediated, caspase-dependent pathway*, Mol. Cancer Ther. **2007**, 6, 2581-2590.

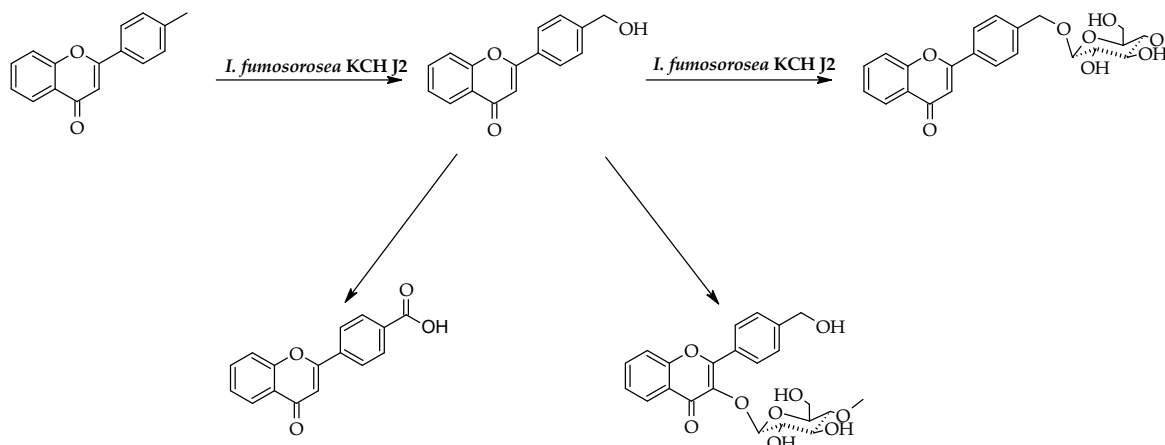
## Biotransformacje 4'-metyloflawonu w kulturze szczepu *Isaria fumosorosea* KCH J2

Agnieszka Krawczyk-Łebek, Monika Dymarska, Tomasz Janeczko,  
Edyta Kostrzewa-Susłow

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

Flawonoidy wykazują liczne aktywności biologiczne: przeciwutleniającą, przeciwzapalną, przeciwdrobnoustrojową i przeciwnowotworową, jednak ich zastosowanie farmakologiczne jest ograniczone ich słabą biodostępnością. W naturze występują zazwyczaj w postaci glikozydów. Ugrupowanie (lub ugrupowania) cukrowe przyłączone do aglikonu flawonoidu moduluje jego właściwości fizykochemiczne i biologiczne, głównie poprzez poprawę rozpuszczalności w wodzie, a także ułatwienie transportu wewnątrzkomórkowego i międzykomórkowego [1,2]. Podobnie metylacja aglikonu flawonoidu znacznie zwiększa jego stabilność metaboliczną i usprawnia transport błonowy, skutkując ułatwioną absorpcją i biodostępnością [2]. Do otrzymania nowych flawonoidów z ugrupowaniem metylowym oraz glikozydowym można zastosować połączone metody chemiczne i biotechnologiczne.

W prezentowanych badaniach otrzymano na drodze syntezy 4'-metyloflawon, a następnie poddano go biotransformacjom w kulturze szczepu entomopatogennych grzybów strzępkowych *Isaria fumosorosea* KCH J2. W efekcie otrzymano nieznane dotychczas pochodne flawonoidowe, których struktury określono za pomocą spektroskopii magnetycznego rezonansu jądowego i potwierdzono przy użyciu spektroskopii mas. Aby ocenić ich aktywność biologiczną i biodostępność konieczne są dalsze badania. Ponadto zaproponowano prawdopodobny przebieg reakcji biotransformacji 4'-metyloflawonu przez układ enzymatyczny użytego biokatalizatora (Rys. 1) [1].



Rys. 1 Prawdopodobny przebieg biotransformacji 4'-metyloflawonu w kulturze szczepu *I. fumosorosea* KCH J2.

### LITERATURA

- [1] A. Krawczyk-Łebek, M. Dymarska, T. Janeczko, E. Kostrzewa-Susłow. *Glycosylation of methylflavonoids in the cultures of entomopathogenic filamentous fungi as a tool for obtaining new biologically active compounds*, Int. J. Mol. Sci. **2022**, 23, 5558.
- [2] N. Koirala, N.H. Thuan, G. P. Ghimire, D.V. Thang, J.K. Sohng. *Methylation of flavonoids: Chemical structures, bioactivities, progress and perspectives for biotechnological production*, Enzyme Microb. Technol. **2016**, 86, 103-116.

## Glikozylacja flawonoidów z grupą metylową i nitrową w kulturach entomopatogennych grzybów strzępkowych

**Martyna Perz, Monika Dymarska, Tomasz Janeczko, Edyta Kostrzewa-Susłow**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

W naturze flawonoidy najczęściej występują w postaci glikozydów, co zwiększa ich biodostępność i stabilność. Jednak ich ekstrakcja z roślin lub synteza chemiczna jest często nieefektywna, czasochłonna i trudna. Co więcej, nie wszystkie pochodne flawonoidowe występują naturalnie w roślinach [1,2]. Transformacja mikrobiologiczna pozwala na otrzymywanie nowych, niewystępujących w przyrodzie związków flawonoidowych o niezbadanych właściwościach biologicznych [2]. Zastosowanie w biotransformacji entomopatogennych szczepów grzybów strzępkowych, wykazujących zdolność do glikozylacji flawonoidów jest wydajną i efektywną metodą prowadzoną w łagodnych warunkach, pozwalającą na uzyskanie pochodnych flawonoidowych [3]. Tematem badań było połączenie syntezy chemicznej oraz biotransformacji, w celu uzyskania pochodnych glikozydowych flawonoidów. W wyniku syntezy chemicznej otrzymano szereg chalkonów, flawanonów oraz flawonów posiadających podstawniki w pierścieniu A odpowiednio w pozycjach 1) chalkon: -NO<sub>2</sub> w C-3' oraz -CH<sub>3</sub> w C-5'; 2) flawanon, flawon: -NO<sub>2</sub> w C-8 oraz -CH<sub>3</sub> w C-6. Następnie zostały przeprowadzone biotransformacje w małej skali przy użyciu *Beauveria bassiana* KCH J1.5, *Isaria fumosorosea* KCH J2, *Isaria farinosa* KCH J2.6, które pozwoliły wytypować najefektywniej biotransformujący szczep do zwiększonej skali procesu dla każdego ze związków. 6-Metylo-8-nitroflawanon był transformowany przez szczep *I. fumosorosea* KCH J2, w wyniku czego otrzymano dwa produkty 6-metyleno-*O*-β-D-(4''-*O*-metyloglukopiranozylo)-8-nitroflawan-4-ol oraz 2-fenilo-6-metylo-8-nitro-4-*O*-β-D-(4''-*O*-metyloglukopiranozylo)-chroman. Natomiast 6-metylo-8-nitroflawon był transformowany przez *B. bassiana* KCH J1.5 w 6-metylo-8-nitro-4'-*O*-β-D-(4''-*O*-metyloglukopiranozylo)-flawon. 2'-Hydroksy-5'-metylo-3'-nitrochalkon nie był biotransformowany przez żaden z zastosowanych szczepów grzybów [4]. Według przeprowadzonych badań *in silico* (Pass online, SwissADME) wynika, że otrzymane pochodne mogą posiadać właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwbakteryjne, chemoprewencyjne, oraz hepatoprotekcyjne. Uzyskane produkty mogą mieć szczególne znaczenie jako składniki produktów farmaceutycznych, żywnościowych i kosmetycznych.

### PODZIĘKOWANIA

Badania dofinansowane przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu z projektu badawczego o numerze N070/0004/22, w ramach programu „Innowacyjny Doktorat”.

### LITERATURA

- [1] J. Xiao, T. S. Muzashvili, M. I. Georgiev, *Advances in the biotechnological glycosylation of valuable flavonoids*, Biotechnol. Adv. **2014**, 32, 1145–1156.
- [2] H. Cao, X. Chen, A. Reza, J. Xiao, *Microbial biotransformation of bioactive flavonoids*, Biotechnol. Adv. **2015**, 33, 214–223.
- [3] A. Litwin, M. Nowak, S. Różalska, *Entomopathogenic fungi: unconventional applications*, Rev. Environ. Sci. Biotechnol. **2020**, 19, 23–42.
- [4] M. Perz, A. Krawczyk-Lebek, E. Kostrzewa-Susłow, M. Dymarska, T. Janeczko, *Biotransformation of flavonoids with -NO<sub>2</sub>, -CH<sub>3</sub> groups and -Br, -Cl atoms by entomopathogenic filamentous fungi*, Int. J. Mol. Sci. **2023**, 24, 9500.

## Biotransformacje ginsenozydów w kulturach bakterii kwasu mlekowego

**Monika Dymarska<sup>1,2</sup>, Tomasz Janeczko<sup>1</sup>, Edyta Kostrzewa – Susłow<sup>1</sup>, Michael Gänzle<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska

<sup>2</sup>University of Alberta, Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences, 9011-116 St NW, T6G 2P5 Edmonton, Alberta, Kanada

Żeń-szeń (*Panax ginseng*) stosowany jest od tysiącleci w krajach azjatyckich jako roślina lecznicza, a także jako przyprawa. Głównymi aktywnymi składnikami żeń-szenia są ginsenozydy – związki zbudowane ze szkieletu steranu z przyłączonymi grupami funkcjonalnymi i jednostkami glikozydowymi. Ginsenozydy główne posiadają wiele reszt cukrowych, co ogranicza ich wchłanianie w przewodzie pokarmowym ludzi. Po częściowej deglikozylacji cząsteczki ginsenozydów cechują się lepszą biodostępnością i wyższymi aktywnościami biologicznymi. Szereg badań nad funkcjonalizacją cząsteczek ginsenozydów opisuje metody fizykochemiczne, takie jak obróbka termiczna czy hydroliza kwasowa. Jednak zastosowanie metod biotechnologicznych, w tym hydrolizy enzymatycznej czy biotransformacji całokomórkowych, oferuje wyższą selektywność, możliwość zastosowania łagodnych warunków i pracę zgodną z nurtem *green chemistry* [1,2]. Bakterie kwasu mlekowego posiadają status GRAS i wykorzystywane są w produkcji fermentowanych produktów, głównie mlecznych i roślinnych. Niektóre spośród tych mikroorganizmów wykazują udokumentowany pozytywny wpływ na zdrowie ludzi [3,4].

Wcześniejsze badania w zespole prof. Michaela Gänzle wykazały, że bakterie z gatunku *Lactiplantibacillus plantarum* prowadzą hydrolizę wiązania glikozydowego, dzięki aktywności  $\beta$ -glukozydaz, ale również, co nie zostało wcześniej opisane przez inne zespoły – liazę aktywną wobec sacharydów [5].

W zaprezentowanym badaniu wykorzystano dwa ginsenozydy, Rb<sub>1</sub> i Re i trzy szczepy bakterii kwasu mlekowego. Produkty biotransformacji oznaczano wykorzystując analizę LC-MS/MS. Potwierdzono zdolność badanych szczepów do funkcjonalizacji ginsenozydów, w tym dzięki aktywności  $\beta$ -glukozydazy, ramnozydazy i liaz. Uzyskane wyniki pomogą wyjaśnić źródło aktywności farmakologicznych fermentowanego żeń-szenia.

### PODZIĘKOWANIA

Badania wykonano dzięki finansowaniu uzyskanemu z Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (Program im. Bekkera BPN/BEK/2021/1/00267).

### LITERATURA

- [1] S. E. Park, C. S. Na, S. A. Yoo, S. H. Seo, H. S. Son, *Biotransformation of major ginsenosides in ginsenoside model culture by lactic acid bacteria*, J. Ginseng Res. **2017**, 41, 36–42.
- [2] S. J. Park, S. Y. Youn, G. E. Ji, M. S. Park, *Whole cell biotransformation of major ginsenosides using Leuconostocs and Lactobacilli*, Food Sci. Biotechnol. **2012**, 21, 839–844.
- [3] N.K. Lee, H.D. Paik, *Bioconversion using lactic acid bacteria: ginsenosides, GABA, and phenolic compounds*, J. Microbiol. Biotechnol. **2017**, 27, 869–877.
- [4] B. Park, H. Hwang, J. Lee, S. O. Sohn, S. H. Lee, M. Y. Jung, H. I. Lim, H. W. Park, J. H. Lee, *Evaluation of ginsenoside bioconversion of lactic acid bacteria isolated from kimchi*, J. Ginseng Res. **2017**, 41, 524–530.
- [5] Y. Bai, M. G. Gänzle, *Conversion of ginsenosides by Lactobacillus plantarum studied by liquid chromatography coupled to quadrupole trap mass spectrometry*, Food Res. Int. **2015**, 76, 709–718.

## Zastosowanie wariantu dehydrogenazy alkoholowej z *Lactobacillus kefir* w asymetrycznym transferze wodoru

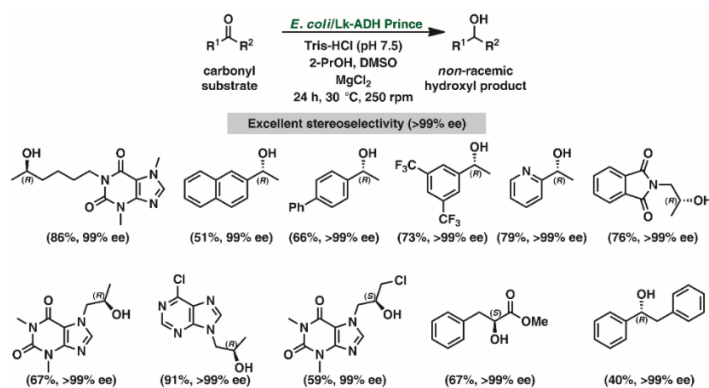
**Paweł Borowiecki<sup>1</sup>, Aleksandra Rudzka<sup>1</sup>, Beata Zdun<sup>1</sup>, Natalia Antos<sup>1</sup>, Tamara Reiter<sup>2</sup>, Wolfgang Kroutil<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, 00-664 Warszawa, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Karola i Franciszka w Grazu, Instytut Chemii, 8010 Graz, Austria

Jedną z najczęściej wykorzystywanych strategii w stereokontrolowanej syntezie organicznej izomerów optycznych alkoholi jest desymetryzacja prochiralnych i/lub *mezo* związków w obecności enzymów jako biokatalizatorów. W przypadku asymetrycznej bioredukcji związków karbonylowych dehydrogenazy alkoholowe (E.C. 1.1.1) odgrywają zdecydowanie najważniejszą rolę spośród dostępnych chemiczom enzymów.

W niniejszej pracy zbadano potencjał biokatalityczny nowego (*R*)-specyficznego wariantu ADH z *Lactobacillus kefir* (Lk-ADH-E145F-F147L-Y190C, zwanego dalej Lk-ADH Prince)[1] w stereoselektywnej redukcji prochiralnych ketonów (Rys. 1).



Rys. 1 Asymetryczna redukcja przykładowych prochiralnych ketonów katalizowana przez *E. coli*/Lk-ADH Prince.

W początkowej fazie badań, stosując pentoksyfilinę jako modelowy prochiralny keton, zoptymalizowano kluczowe parametry reakcji enzymatycznej. Dla optymalnych warunków bioredukcji w skali analitycznej zbadano zakres stosowalności metody wobec biblioteki 34 pochodnych karbonylowych. Uzyskane wyniki pozwalają sądzić, że *E. coli*/Lk-ADH Prince wykazuje pożądaną aktywność katalityczną oraz wysoką stereoselektywność działania wobec strukturalnie zróżnicowanych związków karbonylowych, w tym sterycznie rozbudowanych ketonów jako substratów. W większości przypadków, enancjomerycznie wzbogacone alkohole izolowano z bardzo wysokimi wydajnościami (do 91%) oraz doskonałymi czystościami optycznymi (do >99% ee) bez konieczności suplementacji bioprocessu kosztownymi i wysoce labilnymi kofaktorami NAD(P)H.

### PODZIĘKOWANIA

Badania zostały sfinansowane z projektu badawczego wyłonionych w ramach konkursu YOUNG PW finansowanych w ramach programu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” realizowanego w Politechnice Warszawskiej.

### LITERATURA

[1] M. A. Emmanuel, N. R. Greenberg, D. G. Oblinsky, T. K. Hyster, *Accessing non-natural reactivity by irradiating nicotinamide-dependent enzymes with light*, *Nature* **2016**, 540, 414-417.



## Biotransformacje 2-hydroksy-4'-metylochalkonu oraz 4-hydroksy-4'-metylochalkonu w kulturach bakterii tlenowych

**Joanna Kozłowska<sup>1</sup>, Bartłomiej Potaniec<sup>1,2</sup>, Mirosław Anioł<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii, Centrum  
Inżynierii Materiałowej, Grupa Badawcza Syntezy Zaawansowanych Materiałów,  
ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław, Polska*

Flawonoidy to związki organiczne z grupy polifenoli, których struktura opiera się na szkieletie 2-fenylochromanu. Ze względu na różnice w budowie chemicznej wyróżniamy wiele klas związków flawonoidowych, m.in. flawanony, flawony, izoflawony, flawanole, flawonole i chalkony. Związki te powszechnie występują w roślinach, dzięki czemu stanowią nieodzowny element diety człowieka. Flawonoidy charakteryzują się szeregiem prozdrowotnych właściwości, takimi jak aktywność antyoksydacyjna, przeciwbakteryjna, przeciwgrzybicza, przeciwwirusowa, a także przeciwnowotworowa [1-2].

Związki biologicznie aktywne najczęściej otrzymuje się poprzez izolację z materiału roślinnego bądź też na drodze reakcji chemicznych. Alternatywną metodą ich pozyskiwania są biotransformacje. Reakcje prowadzone z wykorzystaniem całych komórek mikroorganizmów bądź też czystych enzymów pozwalają na uzyskanie pochodnych, których klasyczna synteza chemiczna jest trudna lub wymaga zastosowania szkodliwych dla środowiska odczynników.

Celem badań było określenie zdolności bakterii *Gordonia* sp. DSM 44456 oraz *Rhodococcus* sp. DSM 364 do modyfikacji 2-hydroksy-4'-metylochalkonu oraz 4-hydroksy-4'-metylochalkonu. Głównymi produktami biotransformacji obu substratów były odpowiadające im dihydrochalkony. Dodatkowo, w przypadku 2-hydroksy-4'-metylochalkonu po 72-godzinnej inkubacji z substratem zaobserwowano produkt redukcji wiązania C=C i jednoczesnej hydroksylacji w pozycji C-4. Z kolei mikrobiologiczne modyfikacje 4-hydroksy-4'-metylochalkonu zarówno w kulturze *Gordonia* sp. DSM 44456 oraz *Rhodococcus* sp. DSM 364 prowadziły do uzyskania dwóch dodatkowych produktów – alkoholu i pochodnej 1,3,5-triarylopentano-1,5-dionu już po 24-godzinnej inkubacji z substratem [3].

### LITERATURA

- [1] P. Singh, A. Anand, V. Kumar, *Recent developments in biological activities of chalcones: a mini review*, Eur. J. Med. Chem. **2014**, 85, 758-777.
- [2] A. N. Panche, A. D. Diwan, S. R. Chandra, *Flavonoids: an overview*, J. Nutr. Sci. **2016**, 5, 1-15.
- [3] J. Kozłowska, B. Potaniec, M. Anioł, *Biotransformation of hydroxychalcones as a method of obtaining novel and unpredictable products using whole cells of bacteria*, Catalysts, **2020**, 10, 1167.

## Mikrobiologiczne transformacje 3-butyloftalidu

**Teresa Olejniczak, Joanna Gach, Filip Boratyński, Wiktoria Wójtowicz**

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Chemii Żywności i Biokatalizy, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, Polska*

3-Butyloftalid uznawany jest za związek z dużym potencjałem w leczeniu udaru niedokrwiennego mózgu. Od 2002 roku zatwierdzony jest przez Chińską Komisję ds. Żywności i Leków jako środek leczniczy wspomagający leczenie tego schorzenia. Oprócz tego ma on działania przeciwzapalne, obniża ciśnienie krwi oraz niweluje otępienie w chorobie Parkinsona. Ze względu na wielocelowe mechanizmy 3-butyloftalidu coraz częściej prowadzone są badania kliniczne koncentrujące się na nim.

Głównym celem badań była biotransformacja 3-butyloftalidu czterema szczepami mikroorganizmów. Dodatkowo określono udział produktów w grzybni i płynie pohodowlanym. Oznaczono wydajność oraz wykonano ilościową i jakościową analizę chromatograficzną w oparciu o wzorce substratu i produktów.

Część eksperymentalna obejmowała dwuetapową syntezę chemiczną oraz biotransformację grzybami strzępkowymi. W pierwszym etapie zsyntezowano substrat – 3-butyloftalid. Związek oczyszczony został na kolumnie chromatograficznej, po czym jego czystość oceniono za pomocą chromatografii cienkowarstwowej (TLC) i chromatografii gazowej (GC). Otrzymano 4 g produktu o wydajności 84% i czystości 92% według GC. Następnie prowadzona była biotransformacja grzybami strzępkowymi. Użyte zostały cztery szczepy mikroorganizmów: *Botrytis cinerea* AM235, *Penicillium thomii* AM91, *Chaetomium indicum* AM32 oraz *Laetiporus sulphureus* AM524. Osobno ekstrahowany był płyn pohodowlany oraz grzybni. Transformacja prowadzona była przez 6 lub 12 dni. Masy ekstraktów otrzymanych z grzybni oraz płynu pohodowlanego okazały się 2-3 krotnie wyższe niż masy dodanego substratu. Równocześnie przygotowano wzorce, wykonano analizy na chromatografie gazowym i na ich podstawie sporządzono krzywe kalibracyjne. Na podstawie pól powierzchni z chromatogramów i krzywych kalibracyjnych odczytano, ile mg danego związku znajdowało się w grzybni i płynie pohodowlanym.

Obliczona została wydajność poszczególnych produktów biotransformacji. Sprawdzono również, które związki są akumulowane w grzybni. Wynik był inny niż zakładano na początku badań. Spodziewano się, że lakton 3-butyloftalid będzie wewnątrz grzybni, a pochodne w postaci produktów bioutlenienia na zewnątrz. Okazało się, że z wyjątkiem produktu utlenienia z funkcją kwasową, który wydzielany jest jedynie do płynu pohodowlanego, substrat oraz pozostałe hydroksylaktony znajdują się zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz komórek. Ostatnim etapem badań było potwierdzenie struktury otrzymanych związków, które ustalono na podstawie analizy HR-ESI-MS/MS.

## SPIS AUTORÓW

|                                  |                        |                                |                        |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Albrecht Łukasz.....             | 43                     | Hoffmann Marcin.....           | 59, 60                 |
| Anioł Mirosław .....             | 75, 86                 | Hołubniak Aleksandra .....     | 71                     |
| Antos Natalia .....              | 85                     | Hrunyk Anastasiia .....        | 79                     |
| Arabi Maral .....                | 17                     | Huang Tony T. ....             | 30                     |
| Baberowska Kinga .....           | 26                     | Huczyński Adam .....           | 45                     |
| Bacińska Zuzanna .....           | 26                     | Jabłoński Sławomir Jan .....   | 29                     |
| Bakro Fatema .....               | 17                     | Jacewicz Dagmara .....         | 46, 47                 |
| Balcerzak Lucyna .....           | 26                     | Janeczko Tomasz.....           | 21, 39, 40, 82, 83, 84 |
| Bazan-Woźniak Aleksandra .....   | 57                     | Jarzemska Katarzyna.....       | 46                     |
| Bazydło Katarzyna .....          | 37                     | Jasicka-Misiak Izabela .....   | 18                     |
| Bekes Miklos.....                | 30                     | Jeleń Henryk.....              | 17                     |
| Białek Marzena.....              | 47                     | Jewgiński Michał .....         | 35                     |
| Boratyński Filip .....           | 65, 66, 87             | Jochmans Dirk .....            | 30                     |
| Borowiecki Paweł .....           | 85                     | Kaczmarczyk Daria .....        | 67                     |
| Brodzka Anna.....                | 79                     | Kamiński Radosław .....        | 46                     |
| Buszewski Bogusław .....         | 16                     | Kapturska Karolina .....       | 70                     |
| Chojnacka Anna .....             | 41                     | Kawa-Rygielska Joanna .....    | 25                     |
| Czaplicki Sylwester .....        | 36, 62, 77             | Kaźmierczyk Maciej.....        | 59                     |
| Dai Shengyu .....                | 47                     | Kielan Wojciech.....           | 31                     |
| Dąbrowska Wiktoria .....         | 54                     | Kiełbowicz Grzegorz.....       | 32                     |
| Dąbrowski Grzegorz .....         | 36, 62, 77             | Klingsporn Kamila .....        | 56                     |
| Dejnaka Ewa .....                | 68, 70, 72             | Kloc Magdalena.....            | 66                     |
| Dobrzański Zbigniew .....        | 42                     | Kmiecik Dominik .....          | 61                     |
| Drąg Marcin .....                | 30                     | Konopka Iwona .....            | 36, 62, 77             |
| Drzeżdżon Joanna.....            | 46, 47                 | Kordan Bożena .....            | 22                     |
| Dubiel Krzysztof.....            | 37                     | Korkus Eliza .....             | 36, 62, 77             |
| Duczmal Dominik.....             | 57                     | Kostrzewa-Susłow Edyta .....   | 21, 82, 83, 84         |
| Dudek Anita .....                | 65, 73                 | Koszelewski Dominik.....       | 79                     |
| Dunal Anna .....                 | 81                     | Koziołkiewicz Maria .....      | 36, 62, 77             |
| Dymarska Monika.....             | 21, 82, 83, 84         | Kozłowska Joanna .....         | 75, 86                 |
| Dzida Radosław .....             | 37                     | Krawczyk-Łebek Agnieszka ..... | 21, 82                 |
| El Oualid Farid.....             | 30                     | Krężel Artur .....             | 34                     |
| El-Sayed El-Sayed R. ....        | 65, 66                 | Kroutil Wolfgang .....         | 85                     |
| Enow Elsie Ayamoh .....          | 53                     | Kubis Zbigniew .....           | 45                     |
| Fan Huijun .....                 | 47                     | Kulbacka Julita .....          | 31, 66                 |
| Feliczak-Guzik Agnieszka .....   | 69                     | Kuraszyk Katarzyna .....       | 61                     |
| Gabryś Beata .....               | 22                     | Kurinna Natalia .....          | 63                     |
| Gach Joanna .....                | 87                     | Kwiatkowska Magdalena .....    | 80                     |
| Gänzle Michael .....             | 84                     | Latajka Rafał.....             | 35                     |
| Gawdzik Barbara.....             | 46, 78                 | Lechowicz Łukasz .....         | 78                     |
| Gendaszewska-Darmach Edyta ..... | 36, 62, 77             | Ledwoń Patrycja.....           | 35                     |
| Gładkowski Witold.....           | 40, 71, 72, 73, 74, 81 | Lipok Jacek .....              | 28                     |
| Gniłka Radosław .....            | 32                     | Lisowska Anna.....             | 77                     |
| Goldeman Waldemar .....          | 35                     | LV Zongyang.....               | 30                     |
| Groborz Katarzyna.....           | 30                     | Łęska Bogusława .....          | 52                     |
| Grudniewska Aleksandra.....      | 19, 40                 | Łukaszewicz Marcin .....       | 29                     |
| Grygier Anna.....                | 56                     | Mach Mateusz .....             | 37                     |
| Hawrylak-Nowak Barbara.....      | 20                     | Malinowski Jacek .....         | 46                     |
| Henklewska Marta.....            | 72                     | Mandryka Viktoriia .....       | 40                     |
| Hilgenfeld Rolf .....            | 30                     | Matloka Mikołaj.....           | 37                     |

|                                 |            |                                    |            |
|---------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| Mazur Marcelina .....           | 40         | Rymowicz Waldemar .....            | 55         |
| Medykowska Magdalena.....       | 63, 64     | Ryszczyńska Sylwia.....            | 53         |
| Messyas Beata .....             | 23, 52     | Sadowski Jędrzej .....             | 59         |
| Mielko Karolina Anna .....      | 29         | Sands Dorota.....                  | 29         |
| Milczewska Justyna .....        | 29         | Schäfer Natalia.....               | 28         |
| Mitula Paweł.....               | 32         | Siger Aleksander .....             | 56         |
| Młynarski Wojciech .....        | 30         | Siodła Jagoda .....                | 73         |
| Młynarz Piotr .....             | 29         | Smuga Damian .....                 | 37         |
| Musielak Ewelina.....           | 69         | Snipas Scott J.....                | 30         |
| Mykhailova Daria.....           | 65         | Stalica Paweł .....                | 50         |
| Nayak Digant .....              | 30         | Stasińska-Jakubas Maria .....      | 20         |
| Neyts Johan .....               | 30         | Stec Katarzyna.....                | 22         |
| Niedzielska Krystyna.....       | 48, 57     | Stelmach Filip.....                | 37         |
| Niezgoda Natalia .....          | 41, 76     | Stepnowski Piotr .....             | 27         |
| Nowak Izabela .....             | 33, 69     | Stępień Łukasz.....                | 53         |
| Nowicki Mateusz .....           | 60         | Strub Daniel .....                 | 26, 30     |
| Nowicki Piotr .....             | 53, 64     | Strub Maria .....                  | 30         |
| Obmińska-Mrukowicz Bożena ..... | 68, 70, 72 | Strugała-Danak Paulina.....        | 73         |
| Olejniczak Teresa.....          | 87         | Sulecka-Zadka Joanna .....         | 68, 70     |
| Olsen Shaun K.....              | 30         | Sulik Michał.....                  | 45         |
| Ostaszewski Ryszard.....        | 38, 79     | Sun Xinyuanyuan.....               | 30         |
| Pankiewicz Radosław.....        | 24, 52     | Surowiak Alicja.....               | 26         |
| Papini Anna Maria .....         | 35         | Szaleniec Maciej.....              | 39         |
| Pastyrzyk Natalia.....          | 19         | Szmigiel-Merena Beata .....        | 67         |
| Patchett Stephanie .....        | 30         | Szustak Marcin.....                | 36, 62, 77 |
| Pawlak Aleksandra.....          | 70, 72     | Śmieszek Agnieszka.....            | 68         |
| Pawlak Marta.....               | 46         | Tabisz Łukasz.....                 | 52         |
| Pawlik Bartłomiej.....          | 30         | Talma Michał.....                  | 30         |
| Perz Martyna .....              | 21, 83     | Tataruch Mateusz .....             | 39         |
| Pieczykolan Jerzy .....         | 37         | Tronina Tomasz.....                | 32         |
| Pietrzak Robert.....            | 57         | Trziszka Tadeusz.....              | 42         |
| Pilarska Kinga Maria .....      | 58         | Turski Waldemar .....              | 55         |
| Pobłocki Kacper .....           | 46         | Urban Teresa.....                  | 63         |
| Pokajewicz Katarzyna .....      | 50         | Urbaniak Mariusz.....              | 78         |
| Pomarańska Oliwia .....         | 65         | Urbaniak Monika .....              | 53         |
| Popłoński Jarosław .....        | 19         | Vedmedenko Vita .....              | 64         |
| Pospieszny Tomasz .....         | 48         | Wang Xinyu .....                   | 30         |
| Potaniec Bartłomiej.....        | 75, 86     | Waśkiewicz Agnieszka.....          | 53         |
| Pruchnik Hanna .....            | 71, 73, 74 | Wieczorek Maciej.....              | 37         |
| Pruss Łukasz.....               | 29         | Wiśniewska Małgorzata .....        | 63, 64     |
| Przytułska Agata .....          | 54         | Włoch Aleksandra .....             | 71, 73, 74 |
| Raczek Kamila .....             | 71         | Wojtkiewicz Agnieszka M. ....      | 39         |
| Rakicka-Pustułka Magdalena..... | 55         | Wójcik Patrycja .....              | 39         |
| Reiter Tamara .....             | 85         | Wójtowicz Wiktoria .....           | 87         |
| Rejer Kacper .....              | 54         | Wróbel-Kwiatkowska Magdalena ..... | 55, 58     |
| Rossowska Joanna .....          | 35         | Wzorek Alicja .....                | 44, 80     |
| Rovero Paolo .....              | 35         | Zdun Beata .....                   | 85         |
| Rudno-Rudzińska Julia.....      | 31         | Zhang Linlin .....                 | 30         |
| Rudzińska Magdalena.....        | 56, 61     | Żmudziński Mikołaj .....           | 30         |
| Rudzka Aleksandra .....         | 85         | Żyszka-Haberecht Beata .....       | 28         |
| Rut Wioletta .....              | 30         |                                    |            |
| Rybiński Przemysław .....       | 46         |                                    |            |



wszystko do chromatografii...



**Thermo**  
SCIENTIFIC

**WYATT**  
TECHNOLOGY

**Advion Interchim**  
scientific

**TOSOH BIOSCIENCE**  
TOSOH

**RIKTEK**  
Dissolution Test Systems



**RECIPE**

**La-Pha-Pack®**

**S·C·A·T**  
europe

**gonotec**  
AN ELITECHGROUP COMPANY



HPLC/UHPLC seria  
Vanquish



DLS DynaPro NanoStar II



osmometry krioskopowe



Flash seria PuriFlash



Detektor Corona CAD



GPC seria EcoSEC



MALS DAWN Neon

**Polygen Sp. z o.o.**

ul. Portowa 16L/130, 44-100 Gliwice, tel.: 32 238 81 95, fax: 32 238 81 60, e-mail: [polygen@polygen.com.pl](mailto:polygen@polygen.com.pl) [www.polygen.com.pl](http://www.polygen.com.pl)



## Kompleksowa analiza właściwości chemicznych i mechanicznych

„Shim-Pol A.M. Borzymowski” od ponad 30 lat dostarcza szerokie spektrum urządzeń i akcesoriów do szeroko pojętej analizy właściwości chemicznych i mechanicznych materiałów i substancji występujących w otoczeniu. Aparatura SHIMADZU jest stosowana w laboratoriach naukowych (uczelnie, instytuty), w przemyśle (elektronika, farmacja, żywność, górnictwo, hutnictwo), w medycynie, biomateriałach, laboratoriach policyjnych i wojskowych oraz w ochronie środowiska.

### Oferta firmy m. in. obejmuje:

- Aparaturę do chromatografii i spektrometrii mas (GC, LC, MS, MS/MS)
- Maszyny do określania parametrów mechanicznych badanego materiału, takich jak np. wytrzymałość na zginanie, rozciąganie, zmęczenie, zgniatanie
- Ultraszybkie kamery
- Aparaturę do analiz spektrofotometrycznych (UV-Vis, FTIR, RF)
- Aparaturę analiz pierwiastkowych (AAS, ICP-OES, ICP-MS, EDX)
- Aparaturę do spektroskopowej analizy powierzchni za pomocą technik wysokiej próżni (XPS, AES, UPS, ISS)
- Aparaturę do analizy próbek biologicznych i biochemicznych oraz nanostruktur
- Systemy przygotowywania próbek
- Kolumny i akcesoria chromatograficzne

---

**SHIM-POL A.M. Borzymowski**  
E. Borzymowska-Reszka, A. Reszka, Spółka Jawna,  
ul. Lubomirskiego 5, 05-080 Izabelin  
tel. 22 20 60 900, e-mail: [biuro@shim-pol.pl](mailto:biuro@shim-pol.pl), [www.shim-pol.pl](http://www.shim-pol.pl)





MERCK

# chromatografia cieczowa

Precyzja na każdym kroku

1 Przygotowanie próbki

2 Przygotowanie zestawu HPLC

3 Analiza HPLC



**chemLand**®

Wyposażamy laboratoria

**Przenośny miernik redox / pH  
CHEMLAND 221c**



+VAT  
**2 900,00 zł**  
sklep-chemland.pl

W asortymencie posiadamy m.in.:

- szkło podstawowe, miarowe,
- sprzęt z tworzyw sztucznych oraz metalu,
- specjalistyczny sprzęt laboratoryjny,
- Suszarki, cieplarki,
- Destylarki, redestylarki,
- Młynki, wirówki, homogenizatory,
- Stacje uzdatniania wody,
- Szafy klimatyczne, inkubatory,
- i wiele innych

Zakres pH : 2.000 do 20.000 pH  
Zakres ORP : -1999,9 do 1999,9 mV

\* dla uczestników II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej  
„Bioaktywne związki pochodzenia naturalnego”

**Pełna oferta  
dostępna na**

sklep-chemland.pl

**PureLand**®

Nowością w naszej ofercie są odczynniki  
sprzedawane pod marką własną PureLand.



Roztwory mianowane,

Roztwory o stężeniu procentowym,

Roztwory o różnych czystościach,

Roztwory produkowane pod indywidualne zamówienia.

**\*Rabat 15%**



Jesteśmy dostawcą innowacyjnych rozwiązań dla ośrodków naukowych i badawczych z obszaru biotechnologii. Jako firma handlowa, oferujemy w naszym portfolio produktowym, urządzenia i produkty zużywalne stosowane w biologii, biofizyce, biologii molekularnej, biotechnologii, ochronie środowiska, diagnostyce molekularnej, histopatologii i optyce kwantowej. Jesteśmy polską firmą, działającą na rynku od ponad 20 lat. Reprezentujemy na rodzimym rynku globalne marki, takie jak: Leica Microsystems GmbH, Leica Biosystems GmbH, PicoQuant GmbH, Kurabo Industry Ltd. – Medical Department, Agena Bioscience GmbH, Anathomic Solutions, Cerus.

„Uczymy. Doradzamy. Wspieramy.” Świadczymy kompleksowe usługi w zakresie obsługi naszych klientów, począwszy od edukacji. W tym celu dysponujemy własnym Centrum Obrazowania Biologicznego, w którym prowadzimy zajęcia pokazowe i warsztaty. Doradzamy, więc każdy klient może liczyć na wsparcie naszych specjalistów aplikacyjnych, architektów i handlowców, którzy doradzą w zakresie wyboru odpowiedniej aparatury i dopasowania jej, do profilu prowadzonych przez nich badań. Na ostatnim etapie wspieramy serwisowo, zarówno w trakcie instalacji urządzeń, jak również, w trakcie całego okresu funkcjonowania zakupionych u nas sprzętów.

Więcej informacji na [www.kawaska.pl](http://www.kawaska.pl) Zapraszamy do obserwacji naszych kont w serwisach społecznościowych [Facebook](#) i [LinkedIn](#)

