



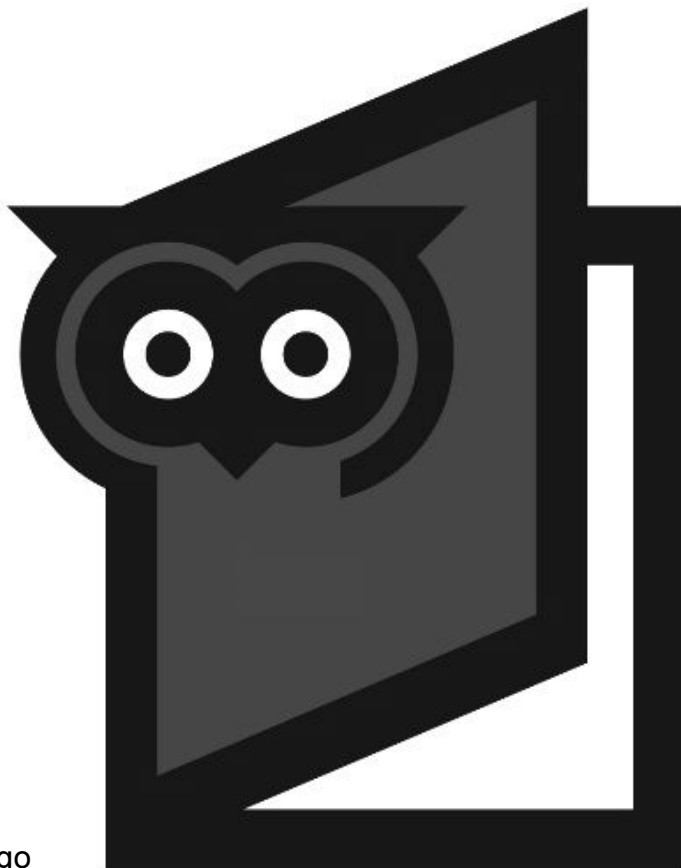
Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce

ZESZYTY

Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach

Rok 2018, Tom 27, część 2 (Nauki Przyrodniczo-Ekonomiczne)



pod redakcją
Artura Zielińskiego

Redaktor naczelny: prof. UJK dr hab. Stanisław Cygan

Z-ca redaktora naczelnego: dr Tomasz Łączek

Sekretarz redakcji: dr Janusz Krywult

Z-ca sekretarza redakcji: dr Michał Stachura

Członkowie Zespołu Redakcyjnego:

Dr Joanna Rogalska

Mgr Marzena Sochacka

Dr Marcin Szplit

Mgr Anna Tłuszcz

Mgr Marcin Walczak

Dr Artur Zieliński

Recenzenci:

Dr Janusz Krywult

Dr Joanna Rogalska

Dr Michał Stachura

Mgr Dariusz Wieczorek

Dr Artur Zieliński

Tłumaczenie:

Aktiv Szkoła Języków Obcych Biuro Tłumaczeń

Opracowanie redakcyjne, korekta i układ typograficzny

Umbo. Technika i Multimedia Zdzisław Nowak

Projekt logo

Krzysztof Stefaniuk

Copyright © by Uniwersytet Jana Kochanowskiego, 2018

ISSN 2451-2036

Wydawca

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

ul. Żeromskiego 5, 25-369 Kielce

Ośrodek Nauki i Kultury Studenckiej UJK

ul. Śląska 15, 25-328 Kielce, tel. +41 349 78 95

Druk i oprawa

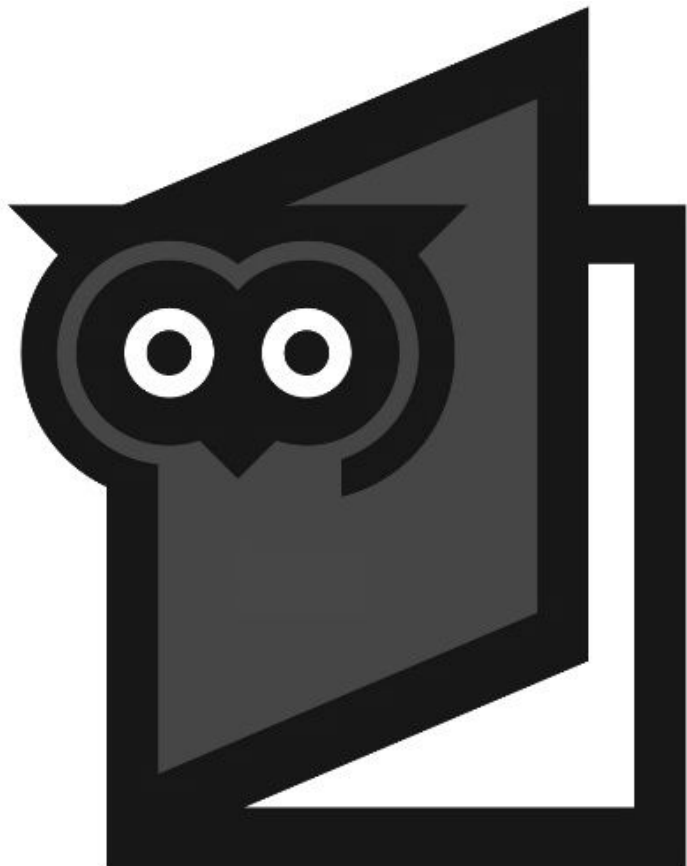
Drukarnia COMPUS

www.compus.net.pl

FASCICLES

of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce

Year 2018, Volume 27, part 2 (Environmental and Economic Sciences)



edited by
Artur Zieliński

Chief Editor: Stanisław Cygan, PhD

Deputy Chief Editor: Tomasz Łączek, PhD

Secretary of the Editing Office: Janusz Krywult, PhD

Deputy Secretary of the Editing Office: Michał Stachura, PhD

Members of the Editorial Team:

Joanna Rogalska, PhD

Marzena Sochacka, MA

Marcin Szplit, PhD

Anna Tłuszcz, MA

Marcin Walczak, MA

Artur Zieliński, PhD

Review:

Janusz Krywult, PhD

Joanna Rogalska, PhD

Michał Stachura, PhD

Dariusz Wieczorek, MA

Artur Zieliński, PhD

Translator:

Aktiv Szkoła Języków Obcych Biuro Tłumaczeń

Publication and copy Editor, proof-reading, typesetter:

Zdzisław Nowak

Logo project

Krzysztof Stefaniuk

Copyright © by the Jan Kochanowski University in Kielce, 2016

ISSN 2451-2036

Publisher

Jan Kochanowski University in Kielce

ul. Żeromskiego 5, 25-369 Kielce, Poland

Center of Student Science and Culture JKU

ul. Śląska 15, 25-328 Kielce, Poland, tel. +41 349 78 95

Print and cover

Drukarnia COMPUS

www.compus.net.pl

Spis treści

Wprowadzenie	9
Marta Batia-Strynkowska, Dorota Jaworska, Wpływ sonikacji na właściwości antyoksydacyjne piwa	11
Edyta Biskupska, Galaktyki dyskowe.....	17
Kamila Drożyner, Badanie starzenia termicznego kasków ochronnych metodą ultradźwiękową	29
Laura Frydel, Antyoksydacyjne właściwości ziół i owoców roślin oraz grzybów – wybrane przykłady	35
Mateusz Galant, Natalia Grzezińska, Wpływ glifosatu, chlomazonu i prosulfokarbu na energię i zdolność kiełkowania soi (<i>Glycine hispida</i>).....	43
Magdalena Grabka, Dogoterapia jako forma rehabilitacji	49
Adam Kasperowicz, Rewolucja przemysłowa, do trzech razy sztuka	59
Agnieszka Kleszcz, Regionalny bilans odnawialnych źródeł energii w Polsce	67
Magdalena Knapik, Zastosowanie biostymulatorów we współczesnym rolnictwie	79
Wiktor Krzysiek, Biały, brązowy i beżowy – kolory nietypowej tkanki łącznej – „tłuszczu”	85
Paulina Sobczyk, Gabriela Szypnicka, Wybrane metody eradykacji wielolekoopornych bakterii patogennych	93
Magdalena Stawiarz, Biosensory do detekcji sygnałów chemicznych gęstości populacji bakteryjnych.....	105
Żaneta Wypych, Postępowanie fizjoterapeutyczne w stwardnieniu rozsianym.....	115
Anna Zwierzyńska, Agnieszka Sołtys, Bogactwo minerałów z królestwa pszczół.....	121
Spis treści części 1. (Nauki Humanistyczno-Społeczne)	133

Contents

Introduction	9
Marta Batia-Strynkowska, Dorota Jaworska , Influence of Sonication upon Antioxidant Properties of Beer	11
Edyta Biskupska , Disc Galaxies	17
Kamila Drożyner , Testing Thermal Aging of Protective Helmets Using Ultrasonic Method.....	29
Laura Frydel , Antioxidant Properties of Herbs, Plant Fruit and Fungi – Selected Examples	35
Mateusz Galant, Natalia Grzezińska , The Impact of Glyphosate, Clomazone and Prosulfocarb on Germination Energy and Capacity of Soy (Glycinehispidia)	43
Magdalena Grabka , Dog Therapy as a Form of Rehabilitation	49
Adam Kasperowicz , Industrial Revolution, Third Time’s a Charm	59
Agnieszka Kleszcz , Regional Balance of Renewable Energy Sources in Poland.....	67
Magdalena Knapik , Using Biostimulants in Modern Agriculture	79
Wiktor Krzysiek , White, Brown and Beige – Colours of Unusual Connective Tissue – „Fat”	85
Paulina Sobczyk, Gabriela Szypnicka , Review on Selected Methods of Pathogenic Bacteria Eradication	93
Magdalena Stawiarz , Biosensors for Detecting Chemical Signals of Bacterial Populations Density	105
Żaneta Wypych , Physiotherapy in Multiple Sclerosis	115
Anna Zwierzyńska, Agnieszka Sołtys , The Wealth of Minerals from the Kingdom of Bees	121
Table of contents of part 1 (Humanistic and Social Sciences).....	133

Wprowadzenie

Prezentowany tom Zeszytów Studenckiego Ruchu Naukowego Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (numer 27/2) zawiera 14 różnorodnych i zarazem interesujących prac naukowych, które są owocem pracy autorów związanych z czterema ośrodkami naukowymi: kieleckim, lubelskim olsztyńskim i warszawskim.

Poruszana w opracowaniach problematyka obejmuje między innymi zagadnienia związane z wpływem sonikacji na właściwości oksydacyjne piwa, jak również dotyczy zawartości wapnia i magnezu w pszczelim mleczku, uwzględnia także problematykę poświęconą przyspieszeniu tempa zmian technologicznych. Zawiera też szereg opracowań z zakresu chemii, biologii (m.in. dotyczące biostymulacji w rolnictwie; kolorów tkanki łącznej; lekoopornych bakterii), fizyki (galaktyki dyskowe), geografii (odnawialne źródła energii) oraz medycyny (dogoterapii jako formy rehabilitacji; fizjoterapii w leczeniu stwardnienia rozsianego).

Poczuwam się do miłego obowiązku złożenia podziękowań Opiekunom Studenckich Kół Naukowych oraz wszystkim innym osobom, które pomagały w kreowaniu artykułów.

Wyrażam mocne przekonanie, że niniejszy Zeszyt zacieka i zainspiruje Czytelników do podejmowania trudu realizacji kolejnych nowych twórczych wyzwań naukowych.

Artur Zieliński

Introduction

This volume of the “Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego Uniwersytetu Jana Kochanowskiego”: (“Scientific Papers of the Student Scientific Movement of the Jan Kochanowski University in Kielce”) (No. 27/2) contains 14 diverse and engaging scientific works, prepared and written by authors affiliated with four research centres from Kielce, Lublin, Olsztyn and Warsaw.

The questions discussed in the papers are very broad. They cover, i.a., the issues related to the effect of sonication on the oxidative properties of beer, or the content of calcium and magnesium in royal jelly. Other intriguing topics include issues related to the accelerating pace of technological changes. In addition, it contains a number of studies in the field of chemistry, biology (including biostimulation in agriculture; colours of connective tissue; drug resistant bacteria), physics (disc galaxies), geography (renewable energy sources) and medicine (dog therapy as a form of rehabilitation; physiotherapy in the treatment of multiple sclerosis).

I feel obliged to thank the tutors of the Student Scientific Research Fascicles and all other people who helped in the creation of the articles.

I strongly believe that this journal will fascinate and inspire readers to take up the effort of pursuing new creative scientific challenges.

Artur Zieliński



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

MARTA BATIA-STRYKOWSKA

Studentka II roku inżynierii rolniczej, studia III stopnia
Studenckie Koło Naukowe Podstawowych Problemów Bezpieczeństwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Student of the 2nd year of Agricultural Engineering, 3rd degree studies
Student Scientific Research Club of Essential Safety Issues
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

DOROTA JAWORSKA

Absolwentka kierunku inżynieria precyzyjna w przemyśle rolno-spożywczym
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Graduate of Precision Engineering in Agricultural and Food Industry
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Wpływ sonikacji na właściwości antyoksydacyjne piwa

Influence of Sonication upon Antioxidant Properties of Beer

Summary: The aim of the study was to determine the effect of ultrasounds on the antioxidant potential of concern, craft and home brewed beers. Beer is the most commonly consumed alcoholic beverage in Poland. Its composition contains hops and malt, which are a source of polyphenols and, thanks to their antioxidant properties, have a beneficial effect on human health. Selected beers from each examined group were sonated for 10 minutes at the frequency of 20 kHz. The antioxidant properties of beers were determined by the Brand-Williams DPPH method. The most diversified results of antioxidant activity were obtained for home brewed beers. After the sonication, the highest antioxidant activity was found in the beer brewed by the regional brewery Warmińskie Rewolucje.

Key words: ultrasounds, health-promoting properties, alcoholic beverages, DPPH.

Wstęp

Piwo zajmuje w Polsce znaczącą pozycję w strukturze spożycia napojów alkoholowych (Jąder 2013: 29-39). Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego w 2016 roku produkcja piwa ze słodu w Polsce wyniosła 40,7 mln hl i ciągle rośnie,

co plasuje Polskę na trzecim miejscu w Unii Europejskiej pod względem produkcji piwa, po Niemczech i Wielkiej Brytanii.

Piwo w swoim składzie zawiera polifenole, które charakteryzują się aktywnością przeciwutleniającą i wiążącą wolne rodniki (Ghiselli i in. 2000: 76-80), dzięki czemu umiarkowane spożycie piwa obniża ryzyko choroby wieńcowej serca. Przyjmuje się, że 70-80% znajdujących się w piwie związków fenolowych pochodzi ze słodu, natomiast 20-30% z chmielu, przy czym wpływ na ich ostateczną zawartość ma sposób produkcji piwa oraz rodzaj użytych do tego celu surowców (Vanderhaegen i in. 2006: 357-381). Do głównych związków fenolowych występujących w piwie zalicza się: kwasy fenolowe, pochodne flawan-3-olu oraz glikozydy flawonowe (Śledziński i in. 2013: 648-652). Związki te warunkują m.in. zapach i barwę piwa, a reakcje zachodzące w czasie jego przechowywania powodują zmętnienie, co ma niekorzystny wpływ na jego walory sensoryczne i jakość produktu (Aron, Shellhammer 2010: 369-380). Obecnie stosowane procesy technologiczne w produkcji piwa zostały tak opracowane, aby usunąć jak najwięcej związków fenolowych i zapobiec mętnieniu napoju. Jest to wynikiem panującej na rynku spożywczym tendencji, która ma zapewnić jak najwyższą jakość oraz jak najdłuższy termin przydatności produktu do spożycia przy zachowaniu jego niezmiennych walorów sensorycznych. Trend ten spotyka się z krytyką naukowców zajmujących się żywieniem. Zgodnie z wynikami badań, które dotyczą roli naturalnych przeciwutleniaczy zawartych w żywności celem jest wprowadzenie technologii pozwalających na zwiększenie właściwości prozdrowotnych produktów żywnościowych (Szwajgier, Targoński 2005: 27-41). Jedną z innowacyjnych technik pozwalających na zachowanie właściwości prozdrowotnych jest zastosowanie w procesie produkcji sonikacji. Wykorzystanie ultradźwięków w produkcji żywności obejmuje coraz to więcej zastosowań. W literaturze można znaleźć liczne badania wskazujące na szerokie spektrum możliwości i potencjał zastosowania techniki ultradźwiękowej do wspomaganie produkcji i przetwórstwa żywności (Kaczmarski, Lewicki 2005: 34-36; Wesołowski i in. 2016: 192-202). Obecnie stosując sonikację można modyfikować cechy wyrobów, intensyfikować przebieg procesów, wydłużać trwałość produktów żywności (Cárcel i in. 2012: 200-207; Charoux i in. 2017: 28-36; Kaczmarski, Lewicki, 2005: 34-36; Konopačka i in. 2015: 16-20; Patist, Bates 2008: 147-154; Stadler i in. 2016: 1135-1144). W artykule przedstawiono wyniki uzyskane w badaniach wpływu ultradźwięków na potencjał antyoksydacyjny piwa.

Metody i materiał badawczy

Materiał do badań stanowiły piwa koncernowe, rzemieślnicze oraz produkowane przez piwowara domowego. Piwa koncernowe poddane badaniom to Tatra, Tyskie, Warka, Heineken, piwa regionalne: Warmińskie Rewolucje z Browaru Kormoran, Rycerz z Browaru Gościszewo oraz piwa rzemieślnicze wykonane przez piwowara domowego Piotra Starowicza: IRA Czerwone irlandzkie, IPA Colorado oraz pszeniczny lager.

Piwo poddano działaniu ultradźwięków, w urządzeniu ultradźwiękowym wykonanym przez firmę Ultron. Przed wykonaniem sonikacji z każdej butelki piwa pobrano próbę kontrolną w ilości 100 ml. Pozostałe w butelce piwo poddano dziesięciominutowej sonikacji o częstotliwości 20 kHz.

Do oceny potencjału antyoksydacyjnego badanych piw zastosowano metodę z odczynnikiem DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl) opracowaną przez Branda-Williamsa (Brand-Williams i in. 1995: 25-30). W celu wykonania ilościowej charakterystyki badanych próbek piwa, po przeprowadzonej sonikacji, z każdej butelki piwa pobrano próbki, które zostały poddane filtracji a następnie rozcieńczono je wodą w stosunku 1:21. Roztwór rodnika DPPH przygotowano poprzez rozpuszczenie 10 mg DPPH w 25 ml 80% metanolu. Następnie pobrano 10 ml badanej próbki i dodano 10 ml DPPH. Przygotowano próbę kontrolną, którą stanowiło 10 ml rodnika DPPH oraz 10 ml metanolu. Po przygotowaniu, próbki przechowywano przez godzinę, w ciemnym pomieszczeniu a następnie przeprowadzono pomiar absorbancji wobec próbki referencyjnej. Pomiar absorbancji wykonano przy pomocy spektrofotometru Helios-Zeta UV-VIS-THERMO przy długości fali $\lambda = 517$. Aktywność antyoksydacyjna została wyrażona jako procent redukcji rodnika DPPH, którą obliczono zgodnie ze wzorem:

$$AA [\%] = \frac{(Abs_{ref} - Abs_{próbka})}{Abs_{ref}} \times 100\%$$

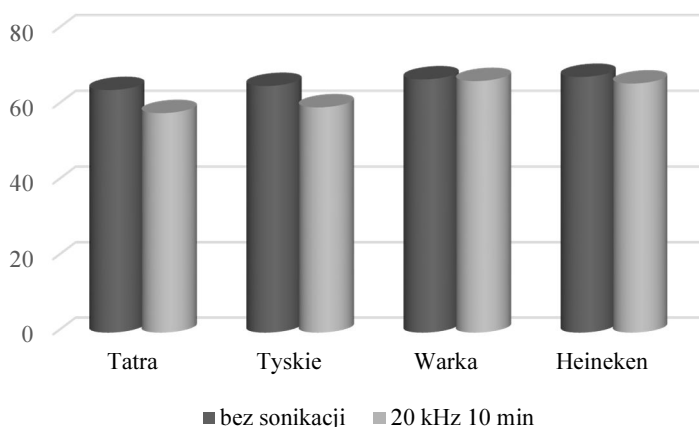
gdzie: AA – stopień inhibicji DPPH, Abs_{ref} – absorbancja próby referencyjnej, $Abs_{próbka}$ – absorbancja próby właściwej.

Obliczono wartości średnie oraz odchylenie standardowe przy pomocy programu Statistica 13.1 firmy StatSoft. Wyniki prezentowane w pracy stanowią średnią arytmetyczną serii trzech pomiarów.

Wyniki badań

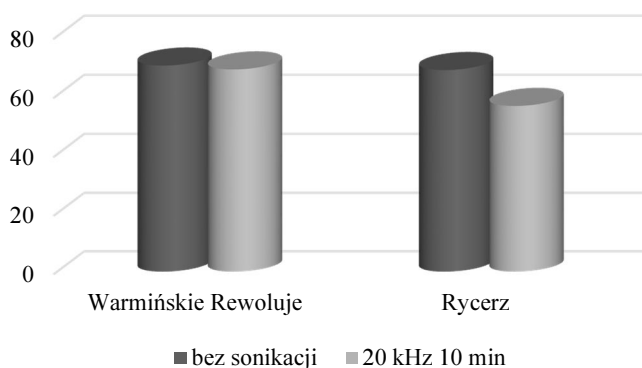
Uzyskane wyniki aktywności antyoksydacyjnej piw koncernowych, rzemieślniczych oraz warzonych przez piwowara domowego zostały zilustrowane na wykresach (Rys. 1-3). Aktywność antyoksydacyjna piw koncernowych nie poddanych działaniu sonikacji były na zbliżonym poziomie wartości przeciwtleniających i wynosiły kolejno: $64,29 \pm 0,65\%$ w przypadku piwa Tatra do $67,75 \pm 0,75\%$ w przypadku piwa Heineken (Rys. 1). Niewielkie różnice w uzyskanych wartościach współczynnika absorbancji świadczą o tym, iż piwa wykazują podobne właściwości przeciwtleniające. Po sonikacji zaobserwowano nieznaczny spadek aktywności antyoksydacyjnej. Najmniejszy spadek tych właściwości zanotowano dla piwa Warka (piwo niepoddane sonikacji: $67,10 \pm 1,35\%$, piwo po sonikacji: $66,67 \pm 0,37\%$) największy zaś dla piwa Tatra: (piwo niepoddane działaniu ultradźwięków: $64,29 \pm 0,65\%$, piwo poddane działaniu ultradźwięków: $58,23 \pm 0,37\%$).

W przypadku piw rzemieślniczych pochodzących z lokalnych browarów zaobserwowano zbliżone wartości aktywności antyoksydacyjnej (Rys. 2) wynoszące odpowiednio $70,13 \pm 0,65\%$ dla piwa Warmińskie Rewolucje z browaru Kormoran oraz $68,83 \pm 0,65\%$ dla piwa Rycerz z browaru w Gościszewie. Badane piwa po przeprowadzeniu sonikacji w obu przypadkach wykazywały niższą aktywność antyoksydacyjną (Warmińskie Rewolucje $68,83 \pm 0,65\%$, Rycerz $56,49 \pm 1,12\%$).



Rysunek 1. Aktywność antyoksydacyjna piw koncernowych przed i po sonikacji

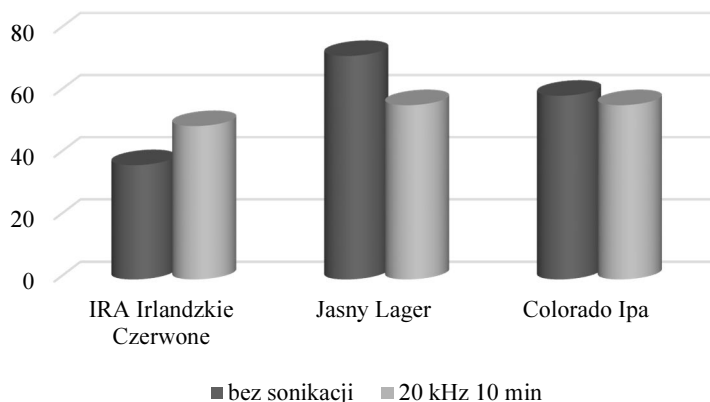
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 2. Aktywność antyoksydacyjna piw rzemieślniczych przed i po sonikacji

Źródło: Opracowanie własne.

Na Rys. 3 przedstawiono wartości potencjału antyoksydacyjnego otrzymane dla piw domowych. W porównaniu do dwóch poprzednich grup, w tej grupie piw otrzymano najbardziej zróżnicowane wartości potencjału antyoksydacyjnego wynoszące odpowiednio: $36,80 \pm 0,37\%$ dla piwa IRA Irlandzkie Czerwone, $71,86 \pm 0,37\%$ – Jasny Lager, $59,31 \pm 0,37\%$ Colorado IPA. Po poddaniu piwa działaniu ultradźwięków zaobserwowano spadek aktywności antyoksydacyjnej w przypadku piw: Jasny Lager $56,06 \pm 1,50\%$ oraz Colorado IPA $56,06 \pm 1,98\%$. Natomiast w przypadku piwa IRA Irlandzkie Czerwone odnotowano wzrost badanej aktywności, który wyniósł $49,35 \pm 0,65\%$.



Rysunek 3. Aktywność antyoksydacyjna piw domowych przed i po sonikacji

Źródło: opracowanie własne.

Uzyskane wyniki pokazują, że najwyższą aktywnością antyoksydacyjną przed podaniem sonikacji miały piwa rzemieślnicze pochodzące z browarów regionalnych, znacznie niższą aktywność antyoksydacyjną odnotowano w przypadku piw koncernowych. Natomiast największe zróżnicowanie badanej aktywności zanotowano w przypadku piw pochodzących z domowego wyrobu. Wyniki uzyskane po dziesięciominutowej sonikacji o częstotliwości 20 kHz wykazały w większości przypadków obniżenie aktywności antyoksydacyjnej, wyjątek stanowiło piwo IRA Irlandzkie Czerwone, dla którego zaobserwowano wzrost aktywności antyoksydacyjnej. Największy spadek właściwości przeciwutleniających zaobserwowano w przypadku piwa Jasny Lager (71,86 przed sonikacją, 55,06 po sonikacji).

Różnice w otrzymanych wartościach aktywności antyoksydacyjnej mogą być związane z surowcem użytym w procesie warzenia piwa, ponieważ na aktywność antyoksydacyjną piwa wpływa głównie rodzaj, ilość jak i jakości użytego chmielu oraz słodów. W przypadku piw warzonych przez piwowarów domowych możemy zastosować dużą dowolnością i indywidualne preferencje w doborze składników przez piwowara. W przypadku warzenia przez browary piwa na skalę przemysłową proces musi przebiegać zgodnie ze ściśle opracowaną technologią w celu zapewnienia klientom produktu o wysokiej jakości i powtarzalnym smaku.

Podsumowanie

Celem pracy było określenie wpływu działania ultradźwięków na aktywność oksydacyjną piwa. Z przeprowadzonych badań wynika, że 10-minutowa sonikacja o częstotliwości 20 kHz wpływa na aktywność oksydacyjną piwa. W zależności od sposobu warzenia ultradźwięki mogą powodować spadek bądź wzrost wartości potencjału antyoksydacyjnego. W celu dogłębniejszego zapoznania się z wpływem ultra-

dźwięków na aktywność antyoksydacyjną piwa niezbędne są dalsze analizy przy zastosowaniu innych parametrów sonikacji (czasu sonikacji oraz jej częstotliwości).

Bibliografia

- Aron PM., Shellhammer TH., 2010, *A discussion of polyphenols in beer physical and flavor stability*, „Journal of the Institute of Brewing”, nr 116(4), s. 369-380.
- Brand-Williams W., Cuvelier ME., Berset C., 1995, *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*, „Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie”, nr 28, s. 25-30.
- Cárceles J.A., García-Pérez J.V., Benedito J., Mulet A., 2012, *Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound*, „Journal of Food Engineering”, nr 110, s. 200-207.
- Charoux C.M.G., Ojha K.S., O'Donnell C.P., Cardoni A., Tiwari B.K., 2017, *Applications of airborne ultrasonic technology in the food industry*, „Journal of Food Engineering”, nr 208, s. 28-36.
- Ghiselli A., Natella F., Guidi A., Montanari L., Fantozzi P., Scaccini C., 2000, *Beer increases plasma antioxidant capacity in humans*, „The Journal of Nutritional Biochemistry”, nr 11, s. 76-80.
- Jąder K., 2013, *Preferencje i zachowania zakupowe studentów na rynku piwa*, „Journal of Agribusiness and Rural Development”, nr 3(29), s. 29-39.
- Kaczmarek L.K., Lewicki P.P., 2005, *Zastosowanie technik ultradźwiękowych w przetwarzaniu żywności*, „Przemysł Spożywczy”, nr 9, s. 34-36.
- Konopacka D., Płocharski W., Siuciński K., 2015, *Możliwości zastosowania ultradźwięków w przemyśle owocowo-warzywnym*, „Przemysł Fermentacyjny i Owowo-Warzywny”, nr 4, s. 16-20.
- Patist A., Bates D., 2008, *Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production*, „Innovative Food Science and Emerging Technologies”, nr 9, s. 147-154.
- Stadler R.H., Tran L.-H. Cavin C., Zbinden P., Konings J.M., 2016, *Analytical approaches to verify food integrity: needs and challenges*, „Journal of AOAC International”, nr 99(5), s. 1135-1144.
- Szwajgier D., Targoński Z., 2005, *Arabinoksylany ze słodu źródłem naturalnego przeciwutleniacza – kwasu ferulowego i błonnika pokarmowego w piwie*, „ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość”, nr 4(45), s. 27-41.
- Śledziński T., Kwaśniewska D., Zieliński R., 2013, *Aktywność przeciwnadkwasowa piwa*, „Problemy Higieny i Epidemiologii”, nr 3(94), s. 648-652.
- Vanderhaegen B., Neven H., Verachtert H., Derdelinckx G., 2006, *The chemistry of beer aging – a critical review*, „Food Chemistry”, nr 95, s. 357-381.
- Wesołowski A., Siemianowska E., Sienkiewicz J., Barszcz A.A., Kolankowska E., Anders A., 2016, *Niekonwencjonalna metoda identyfikowalności żywności*, „Zeszyty Naukowe WSES w Ostrołęce”, nr 2(21), s. 192-202.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

EDYTA BISKUPSKA

Studentka II roku fizyki, studia II stopnia
Studenckie Koło Naukowe „Kwazar”
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 2nd year of Physics, 2nd grade studies
„Kwazar” Student Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Galaktyki dyskowe

Disc Galaxies

Summary: The paper discusses disc galaxies. It presents well-known observation and theoretical data concerning spiral arms, rotation, mass of halo and nucleus of galaxies. The paper describes in a comprehensive form the morphology and structure of spiral galaxies based on contemporary observations and computer simulations.

Key words: morphology, rotation, spiral arms.

Rys historyczny

Nazwa naszej Galaktyki (Strobel 2009: 12-15) – Drogi Mlecznej – pochodzi od greckiego słowa *gala*, czyli mleko, i jest związana z mitem o Herkulesie, w którym podawano, że to kropla mleka karmiącej podczas snu bogini Hery stworzyła ten obiekt na niebie. Od starożytności astronomowie starali się wyjaśnić fenomen jaśniejszego pasa na nieboskłonie. Arystoteles (Reale 2001) (ok. 322 r. p.n.e.) był przekonany, iż są to wyziewy dużej liczby gwiazd krążących wokół Ziemi. Natomiast Alhazen (Danecki 2001: 185) (ok. 1000 r. n.e.) starał się wyznaczyć odległość do niej, jednak obliczenie paralaksy, ze względu na dużą odległość, nie powiodło się. Grecy filozofowie Anaksagoras (Wallace, Mitchell, 1911: 943) (ok. 500 r. p.n.e.) i Demokryt (Tatarkiewicz 1981: 47-53) (ok. 400 r. p.n.e.) twierdzili, że Droga Mleczna uformowana jest z gwiazd, które znajdują się w dużej odległości od Ziemi. Abu-Rayh, a-n al-Bi-ru-ni (Wolarski 2006: 25) (ok. 1000 r. n.e.) był pewien tego, że Droga Mleczna utworzona jest z ogromnej ilości mgławicowych gwiazd, a Avempace (Montada 2007) (ok. 1100 r. n.e.) był zdania, że jest obrazem ciągłym rozmywania się światła w ziemskiej atmosfery.

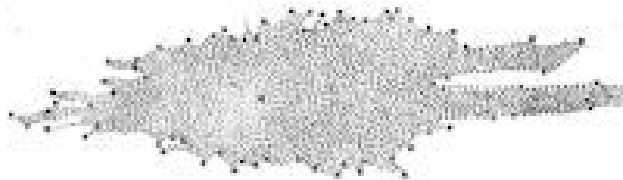
rze. Także ibn Qayyim Al-Jawziyya (Livingston 1971: 96-103) (ok. 1300 r. n.e.) stał na stanowisku, że Droga Mleczna zbudowana jest z miliardów gwiazd rozmiaru większego od planet, w sferze gwiazd stałych.



Rysunek 1. Lewy panel: Portret Alhazena; prawy panel: Galileusz – według Sustermansa – 1768 rok

Źródło: Lewy panel: https://en.wikipedia.org/wiki/Ibn_al-Haytham; prawy panel: <http://www.zwoje-scrolls.com/zwoje36/text08.htm>.

W roku 1610, po zastosowaniu do obserwacji pierwszych lunet, Galileusz (Kreiner 2017) oświadczył, że Droga Mleczna składa się z zawrotnej liczby słabych, dalekich gwiazd. Przypuszczał też, że ma ona budowę przestrzenną o strukturze dysku. Pogląd, iż dzieli ona nocne niebo na dwie półsfery jest dowodem na to, że nasz Układ Słoneczny znajduje się blisko jej płaszczyzny środkowej.



Rysunek 2. Przekrój przez Drogę Mleczną – Herschel

Źródło: Strobel 2009.

W 1755 r. Immanuel Kant (Kołakowski 2006: 7-16) zasugerował, że Droga Mleczna może być tworem złożonym z dużej liczby gwiazd, które rotują unoszone siłami grawitacji. Porównując obserwowane mgławice do naszej Galaktyki próbował też określić czy te obiekty mogą być oddalonymi galaktykami, kształtu Drogi Mlecznej, i czy są to wyspy materii rozrzucone we Wszechświecie. Pierwsza uwieńczona sukcesem próba opisanie kształtu Drogi Mlecznej i położenia w niej Słońca miała miejsce w roku 1785. Badania Williama Herschela (Millman 1980: 134) ukazały jej przekrój

poprzeczny, który w przybliżeniu ma kształt eliptyczny z dwoma charakterystycznymi „wypustkami” gwiazd.



Rysunek 3. Zdjęcie M31 z 1899 r.

Źródło: Strobel 2009.

W 1848 roku William Parsons (Lord Rosse) (Wolarski (red.) 2006: 115) po zbudowaniu największego dziewiętnastowiecznego teleskopu prowadził szczegółowe obserwacje mgławic, a wykonane przez niego rysunki do dziś urzekają swym pięknem. Potwierdziły one opinie Herschela, że niektóre z mgławic mają spiralny kształt.

Dalszy rozwój tego kierunku badań przyspieszył z wprowadzeniem fotografii do obserwacji astronomicznych. W roku 1905 Jacobus Kapteyn (Pannekoek 1922: 967-980) zastosował tę technikę przy obserwacji naszej Galaktyki. W obszarze 200 pól na niebie, wyznaczył on ruchy własne gwiazd i ich paralaksy. Umożliwiło to określenie odległości do nich oraz pokazanie, że Droga Mleczna ma kształt sferoidalny i jest spłaszczonym systemem gwiazd o wymiarach: 8500 pc w płaszczyźnie równikowej i 1700 pc w kierunku prostopadłym.

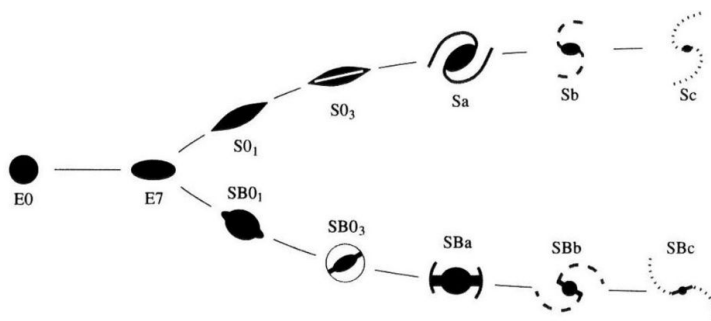
Z kolei Harlow Shapley (Shu 1982: 286) przeanalizował położenia gromad kulistych i doszedł do wniosku, że te masywne obiekty są podstawowym i sferycznie symetrycznie rozmieszczonym składnikiem systemu Drogi Mlecznej. Stwierdził też, że leżą one znacznie dalej niż pokazały to obliczenia Kapteyna, a wynik ten potwierdził w 1930 roku Trumpler (Trumpler 1930: 154-188), badając absorpcję międzygwiazdową.

Obiekty poza naszą galaktyką

Wyznaczenie odległości do galaktyk spiralnych napotyka duże trudności, jednak w roku 1917 Heber Curtis (Hoskin (Editor) 1976: 169-182) odkrył podczas obserwacji galaktyki M31 gwiazdę nową, a w latach następnych kolejnych 11 obiektów tego typu. Stwierdził on, że te gwiazdy są o 10 magnitud słabsze od gwiazd nowych w Drodze Mlecznej. Pozwoliło to na fotometryczne oszacowanie odległości Wielkiej Mgławicy w Andromedzie na 500 000 lat świetlnych. W ten sposób pokazał on, że obiekt znajduje się poza naszą Galaktyką. Na pełne potwierdzenie lub odrzucenie hipotezy wyspowych światów, w którym mgławice spiralne to samodzielnie istniejące byty, trzeba jeszcze poczekać. Jak burzliwe to były czasy pokazuje Wielka Debaty, która odbyła się w roku

1920 między Harlowem Shapleyem a Heberem Curtisem, która dotyczyła budowy Drogi Mlecznej, rozmiarów Wszechświata oraz struktury mgławic spiralnych.

Na początku lat dwudziestych minionego wieku Edwin Hubble (Way, Hunter 2013) – korzystając z nowej generacji teleskopu o średnicy 2,5 m zaobserwował pojedyncze gwiazdy w mgławicy M31. Badania pozwoliły rozróżnić wśród nich cefeidy a obserwacje zmian ich blasku doprowadziły do zmierzenia odległości do tej mgławicy, znacznie większej niż Droga Mleczna. Dalsze badania Hubblea powiązały odległość galaktyk z ich prędkością radialną i wykazały, że wszystkie obiekty tego typu znajdują się na zewnątrz naszej Galaktyki. Wszechświat okazał się wyspowy. W roku 1936, na podstawie obserwowanego wyglądu galaktyk, Edwin Hubble wprowadził system morfologicznej klasyfikacji galaktyk, który jest aktualny i dzisiaj.



Rysunek 4. Schemat klasyfikacji galaktyk według Hubble'a. Z lewej strony rysunku znajdują się galaktyki eliptyczne, a z prawej galaktyki spiralne. Przy czym w drugim rzędzie przedstawione są galaktyki spiralne z poprzeczką

Źródło: <http://home.strw.leidenuniv.nl/~franx/college/galaxies12/Galaxies-dynamics-structure1.pdf>.

Budowa galaktyk spiralnych

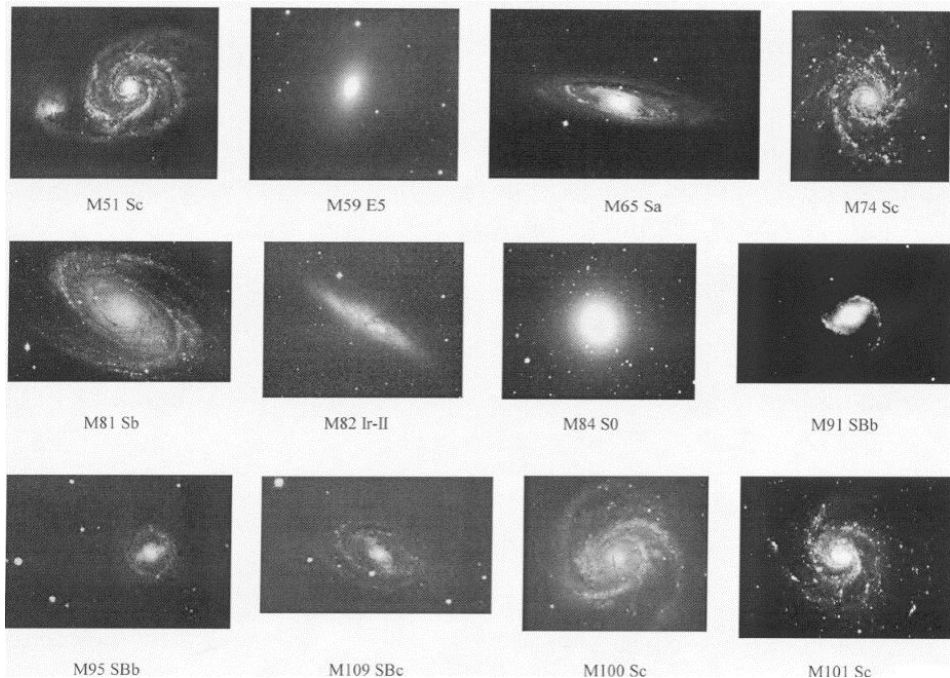
Dysk i jądro

Obserwacje galaktyk spiralnych pokazały, że składają się one z jądra, które znajduje się w ich centrum oraz otaczających je spiralnych ramion (Shu Frank 2003: 342-349). W galaktykach dyskowych barwa jest zróżnicowana, ponieważ są one uformowane z młodych i niebieskich gwiazd i wiele czasu musi upłynąć nim zmienia się w czerwone gwiazdy.

W centrum galaktyki, jądrze, trajektorie gwiazd nie posiadają wyróżnionego kierunku, są one izotropowe. Obszar ten jest zdominowany przez gwiazdy typu K i M. Są one w późnych stadiach ewolucji i mają niską temperaturę powierzchniową. Skutkuje to ich czerwoną barwą, która wyraźnie wpływa na kolor jądra, nadając mu czerwony odcień.

Podsystem dyskowy galaktyk spiralnych jest silnie spłaszczony i tory tworzących go gwiazd leżą w płaszczyźnie dysku. W ramionach, gdzie niebieska barwa spowodowana przez dominację młodych gwiazd i zachodzących procesów gwiazdotwórczych,

obserwujemy także obecność obłoków wodoru w postaci gazu i pyłu, która się tutaj koncentruje. Większa ilość procesów powiązanych z narodzinami młodych gwiazd powoduje, że barwa niebieska jest silniejsza. Ramiona spiralne posiadają różną strukturę, formują się one od centrum galaktyki spiralnej lub z wyłaniającej się poprzeczki. Ze względu na budowę ramion (wyróżniamy podtypy: a, b, c), galaktyki dyskowe dzielimy na: galaktyki spiralne: *Sa*, *Sb*, *Sc* oraz galaktyki z poprzeczką: *SBa*, *SBb*.



Rysunek 5. Mozaika galaktyk spiralnych z poprzeczką i bez poprzeczki

Źródło: http://www.astro.wisc.edu/~wakker/public_html/ScienceOlympiadTests/Astronomy/Astronomy_2001_ColoradoRegionalA.pdf

Profil jasności galaktyk

Radialny profil jasności galaktyk określa, jak jasność powierzchniowa maleje wraz z odległością od centrum galaktyki. Profil jasności jest opisany funkcją de Vancouleursa (<http://nasonline.org/publications/biographical-memoirs/>):

$$I(r) = I_0 \exp \left[-7,67 \left(r/r_c \right)^{1/4} \right] \quad (1)$$

gdzie r_c to promień efektywny, natomiast r jest odległością od centrum galaktyki.

Równanie Sérsica (Sérsic 1963: 41) jest uogólnieniem funkcji de Vancouleursa, z powrotem stosowanym do opisu radialnego spadku jasności jądra galaktyk spiralnych i ich dysków. Wzór Sérsica jest następujący:

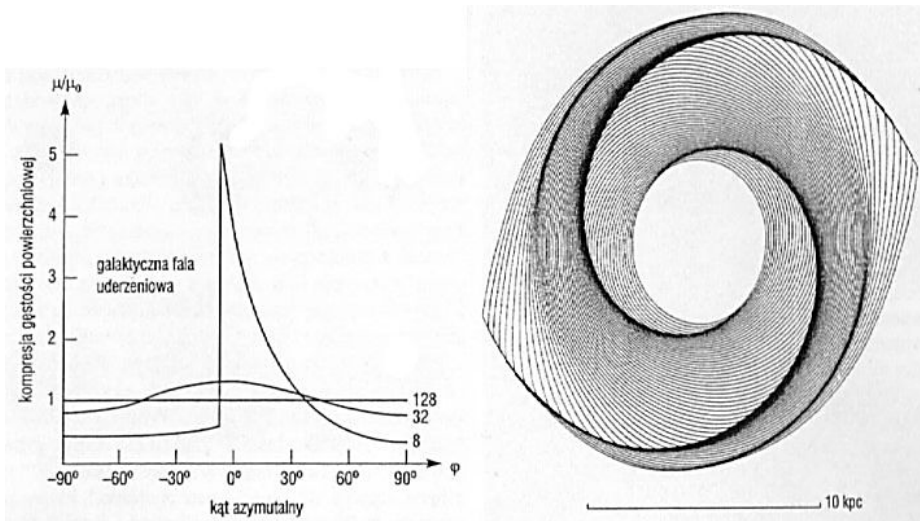
$$I(R) = I_e \exp \left\{ -b_n \left[\left(\frac{R}{R_e} \right)^{1/n} - 1 \right] \right\} \quad (2)$$

gdzie n jest indeksem Sérsica określającym kształt profilu jasności galaktyki, R_e to rozmiar charakterystyczny obiektu, taki, że połowa promieniowania galaktyki pochodzi z wnętrza obszaru o tym promieniu, b_n jest współczynnikiem normalizującym, a I_e to jasność obszaru centralnego. Obserwacje galaktyk dyskowych pokazały, że indeks Sérsica dysku wynosi około $n = 1$, dając wykładniczy spadek jasności, natomiast dla jądra jego wartość jest większa i kształtuje się w okolicach $n = 2$. Dla porównania $n = 4$ charakteryzuje profil zaawansowanych ewolucyjnie galaktyk eliptycznych.

Obłoki gazowe i młode gwiazdy

Siła grawitacyjna, zachowująca fałę spiralną, jest przyczyną powstania transformacji gęstości powierzchniowej starych gwiazd. Niebieski kolor ramion spiralnych jest uwarunkowany powstawaniem młodych gwiazd typu OB, gdzie odnotowuje się nieduży wzrost masy w ramionach.

Gwiazdy w tym obiekcie mają większe prędkości niż gaz i pył międzygwiazdowy, czyli reagują nieliniowo na fałę o małej amplitudzie, co powoduje spiętrzenie gęstości materii, i za frontem takiej fali uderzeniowej następuje powstanie gwiazd.



Rysunek 6. Lewy panel: Dyspersja prędkości gwiazd dysku, halo oraz obłoków gazu i pyłu; Prawy panel: Efekt spiralnych fal uderzeniowych według Hermana Vissera
Źródło: Lewy panel: Shu Frank, Milione, 1973: 819; prawy panel: Visser 1980: 159.

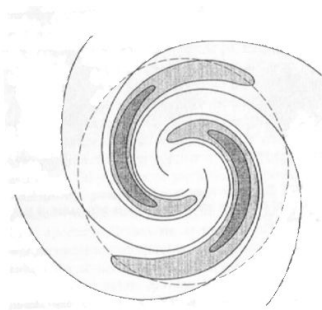
Powstałe okoliczności kompresji fali uderzeniowej wpływają na rozkład młodych gwiazd OB. Niestabilność dynamiczna za falą sprzyja powstaniu obłoków gazowych. Prąd liniowy gazu w wyniku oddziaływania z falą uderzeniową, powoduje odchylenie i koncentrację gazu. Doprowadza to do jego kompresji (Rys. 6 - lewa część). Ten proces dotyczy także pyłu, dla którego otoczek wskazuje na uderzenie fali i nałożenie linii prądu. W centrum układu spiralnego, gdzie fala obraca się wolniej niż materia, smugi pyłu formują się na wewnętrznych brzegach ramion galaktyki spiralnej i są opóźnione w stosunku do rotacji galaktyki. Młode gwiazdy typu OB w galaktyce spiralnej żyją za krótko, aby przenieść się z jednego ramienia do drugiego, wraz z obszarami HII i wskazują na rozkład starych gwiazd w dysku. Za pomocą interferometrii zbadano obszary wodoru międzygwiazdowego w galaktyce oraz powiązano zależności pomiędzy rozkładem gęstości według teorii i obserwacji, jak również dla pól gęstości, które są podobne w galaktyce M81, gdzie wodór jest powiązany z długim ramieniem w galaktyce.

Jak powstaje dysk, czyli koncepcja fal gęstości

Pole grawitacyjne (Shu Frank 2003: 297-299), odpowiadające za ruch gwiazd i gazu, powoduje, że prędkość materii w galaktyce ma rozkład, który jest daleki do symetrii osiowej. Jeśli nie bierzemy pod uwagę niewielkich ruchów gwiazd czy obłoków gazowych, to w niezaburzonej galaktyce dyskowej orbity są okręgami o prędkości kątowej Ω . Wprowadzając niewielkie zaburzenie ruchu, spowoduje ono zmianę rotacji na $\Omega - \Omega_p$, gdzie $\Omega_p = \omega/m$ wtedy zaburzony obiekt będzie poruszał się po niekołowej orbicie, na której pojawi się m wybrzuszeń (dla $m = 2$ jest to owal). Zaburzające pole grawitacyjne, wpływające na ruch gwiazd i obłoków gazowych w odległości r od centrum, gdzie faza kątowa pola grawitacyjnego jest stała dla promieni, powoduje, że osie owali uformują się identycznie do tego samego kierunku. W pierwszej chwili dysk odkształci się w owal lub obiekt z poprzeczką w centrum, co można odnotować dla mniej więcej połowy badanych galaktyk. Jednak kiedy monotonnie ewoluuje przesunięcie fazowe $\Phi(r)$ dla różnych r fazy kątowej, to powstanie układ spiralny o dwóch ramionach. Teza dla układu spiralnego określa takie warunki dla przesunięcia fazowego $\Phi(r)$ i amplitudy $A(r)$, które powinny być modem normalnym dla danej pulsacji dla nieosiowosymetrycznej reakcji przy zaburzającym polu o nieosiowosymetrycznym rozkładzie materii. W badaniach Kalnajsa i Toomrea (Toomre, 1977: 473) analizowano mody rotacji. Pokazały one, że część modów spiralnych jest zmienna, natomiast amplituda wzrasta spontanicznie.

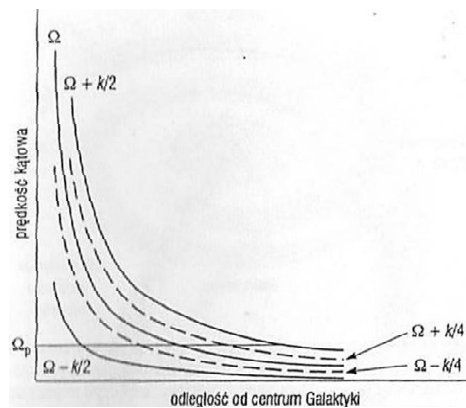
Prace Roberts'a i Shu (Roberts, Shu 1972: 49) pokazują silny wpływ gazu międzygwiazdowego na stabilność spiralnej struktury galaktyki. Wynika z nich, że gdy składowa starych gwiazd znajdujących się w dysku przekroczy kilka procent, to amplitudy spiralnych modów ulegają zahamowaniu. Dla przeważającego odrębnego modu układ staje się kwazistatyczny, skoncentrowana materia zachowuje regularną strukturę, w przeciwieństwie do materii, która w centrum galaktyki wyprzedza układ spiralny oraz jest zdystansowana przez ramiona spiralne na zewnątrz dysku. Badania dały następujące przekonanie, że może się uformować większa ilość niestabilnych modów normalnych, dla których Hohel, Miller i Prendergast (Hohl 1971: 343) analizują ewolucję powstawania poprzeczki.

Spiralne galaktyki o wielu ramionach i włóknistej budowie kształtują się wskutek nałożenia kilku modów (Rys. 7). Jednak analiza nie określa, do której grupy należy Droga Mleczna. Model gęstości fal wyjaśnia, dlaczego we Wszechświecie istnieje więcej galaktyk spiralnych o dwóch ramionach. Fale gęstości powstają w ustalonych obszarach, dla którego promień $\Omega_p = \Omega - \kappa/m$ jest wewnętrznym rezonansem Lindblada, gdzie przestrzeń między nimi to obszar główny (Rys. 8). Znaki w równaniach pokazują fale krótkie i długie. Dla $m = 3, 4, 5 \dots$ obszar główny jest niewielki, gdzie można stwierdzić, że przeważają one sporadycznie. Dla $m = 0$ są one w niewielkim stopniu potwierdzone. Badania pokazują, że układy jednoramienne mają słabsze tempo formowania się niż dwuramienne. Układy dwuramienne są częstsze ze względu na to, że: amplitudy osiągają spore wartości przed stanem wysycenia dla zaburzenia, posiadają znaczący obszar główny oraz przeciwdziałanie układu międzygwiazdowego dobrze uwidacznia zaburzenia.



Rysunek 7. Symulacja numeryczna formowania się galaktyk spiralnych

Źródło: Shu Frank 2003: 299.



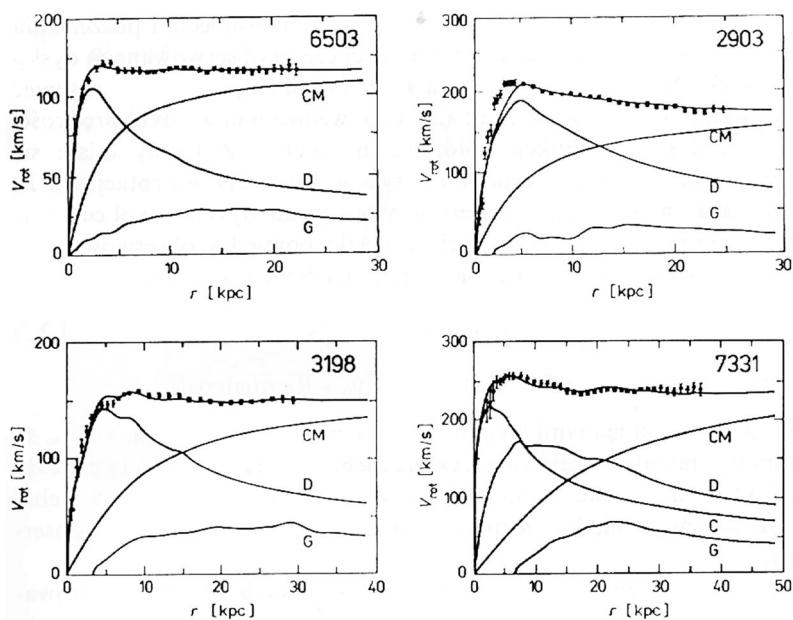
Rysunek 8. Rozmiar obszaru głównego rotującej galaktyki dla różnych modów m

Źródło: Shu Frank 2003: 302.

Rotacja galaktyk spiralnych

Najlepiej poznaną i najbardziej charakterystyczną cechą dysku jest rotacja różniczkowa. W dysku gwiazdy poruszają się po prawie kołowych orbitach, podobnie jak obłoki gazu międzygwiazdowego, których ruchy przypadkowe są jeszcze mniejsze niż w przypadku gwiazd. Cechą charakterystyczną obserwowanej rotacji galaktyki jest prawie płaski przebieg prędkości rotacji w funkcji odległości od środka galaktyk (Rys. 9 - dla przykładowych galaktyk przedstawiony kropkami). Świecąca materia rotuje znacznie szybciej niż przewidywałby pochodzący od jądra galaktyki potencjał grawitacyjny (linia D).

Rys. 9 pokazuje też, że na obserwowany przebieg prędkości mają główny wpływ trzy komponenty pochodzące od CM ciemnej materii, D jądra obiektu, oraz obłoków gazu G. Obserwacje i badania teoretyczne wskazują więc na istotny wpływ niewidocznej w obserwacjach ciemnej materii, która odpowiada za wypłaszczony przebieg prędkości rotacji gwiazd i świecących obłoków gazu w galaktykach.



Rysunek 9. Przykładowe krzywe rotacji dla kilku galaktyk, C, CM, D oraz G odpowiadają za rotację dysku, ciemnej materii, centralnego zgęszczenia i gazu

Źródło: Jaroszyński 1993: 42.

Masa halo

Masa wszystkich gwiazd i materii świecącej naszej Galaktyki pochodząca z obserwacji została przedstawiona przez Marteenę Schmidta (http://hubblesite.org/image/3538/news_release/2015-15) (ok. 2000 r.), wynosi ona $6 \cdot 10^{11}$ mas Słońca. Natomiast

przeprowadzone obserwacje wskazują, że musi występować materia której do tej pory nie dało się zaobserwować. Wielu astronomów, w tym Ostriker i Peebles (Ostriker Peebles 1973: 467) są zdania, że halo może się składać z bardzo masywnej niewidzialnej składowej. Obecnie wiadomo, że rozmiary i masa halo galaktycznego jest dziesięciokrotnie większa od rozmiarów i masy dysku tych obiektów. Jedną z hipotez przewidywane jest, że zawiera ono gwiazdy najwcześniejszej generacji (populacja III) o prawie znikomym procencie zawartości ciężkich pierwiastków. Może również składać się z niewidocznych obłoków gazu i pyłu. Oba poglądy dotyczące dominującego składu brakującej masy w galaktykach nadal czekają na rozstrzygnięcie. Obserwacje wykonane przez Teleskop Hubble’a pokazały występowanie dużych obłoków gazowych otaczających galaktyki spiralne (http://hubblesite.org/image/3538/news_release/2015-15).

Podsumowanie

W pracy przedstawiono morfologię i budowę galaktyk dyskowych. Nakreślono rys historyczny ukazujący wczesne badania tych obiektów. W artykule omówiono budowę galaktyk spiralnych z poprzeczką i bez poprzeczki. Pokazano, że są uformowane z młodych, niebieskich gwiazd, co ma także wpływ na barwę samej galaktyki dyskowej. Galaktyki spiralne mają kształt dysku z centralnymi zgrubieniami. Obiekty te wykazują ruch rotacyjny. Pokazano wpływ ewolucji gwiazd na obserwowany kolor galaktyk dyskowych oraz rozmieszczenie materii świecącej w nich. Omówiony został wpływ rotacji dysku na powstawanie i stabilność ramion spiralnych. Stwierdzono, że obserwowane prędkości rotacji galaktyk mogą być wytłumaczone istnieniem ciemnej materii i galaktycznym halo, otaczającym te obiekty.

Bibliografia

- Danecki J., 2001, *Arabowie*, Warszawa, s. 185.
- Hohl F., 1971, *Astrophysical Journal*, 168, s. 343.
- Hoskin M.A., (Editor), 1976, *The ‘Great Debate’: What Really Happened*, “Journal for the History of Astronomy”, 7, s. 169-182
- <http://home.strw.leidenuniv.nl/~franx/college/galaxies12/Galaxies-dynamics-structure1.pdf> (dostęp: 20.02.2018).
- http://hubblesite.org/image/3538/news_release/2015-15 (dostęp: 27.02.2018).
- <http://nasonline.org/publications/biographical-memoirs> (dostęp: 18.07.2018).
- http://www.astro.wisc.edu/~wakker/public_html/ScienceOlympiadTests/Astronomy/Astronomy_2001_ColoradoRegionalA.pdf (dostęp: 11.02.2018).
- <http://www.zwoje-scrolls.com/zwoje36/text08.htm> (dostęp: 20.02.2018).
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ibn_al-Haytham (dostęp: 20.02.2018).
- Jaroszyński M., 1993, *Galaktyki i budowa Wszechświata*, Warszawa, s. 42.
- Kołąkowski L., 2006, *Immanuel Kant, O co nas pytają wielcy filozofowie*, Kraków, s. 7-16.
- Kreiner J.M., 2017, *Astronomia nowożytna, Historia astronomii*.
- Livingston J.W., 1971, *Ibn Qayyim al-Jawziyyah: A Fourteenth Century Defense against Astrological Divination and Alchemical Transmutation*. „Journal of the American Oriental Society”, 91 (1), s. 96-103.

- Millman P.M., 1980, *The Herschel Dynasty – Part One – Herschel, William*, „Journal of the Royal Astronomical Society of Canada”, 74, s. 134.
- Montada J.P., (September 28, 2007), *Ibn Bajja*, Stanford Encyclopedia of Philosophy
- Ostriker J., Peebles P., 1973, *Astrophysical Journal*, 186, s. 467.
- Pannekoek A., 1922, *J. C. Kapteyn und sein astronomisches Werk*, in *Die Naturwissenschaften* 10, s. 967-980.
- Reale G., 2001, *Historia filozofii starożytnej*, T. 2, Lublin.
- Roberts W.W. Jr., Shu F.H., 1972, *Astrophysical Letters*, 12, s. 49.
- Sérsic, J. L., 1963, *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, 6, s. 41.
- Shu F.H., 2003, *Galaktyki gwiazdy życie. Fizyka wszechświata*, Warszawa, s. 297-299, 342-349.
- Shu F.H., Milione V. Roberts W.W., 1973, *The Astrophysical Journal*, 183, s. 819.
- Shu F., 1982, *The Physical Universe, An Introduction to Astronomy*, University Science Books, Mill Valley, California, s. 286.
- Strobel A., 3/2009, *Droga Mleczna – nasz kosmiczny dom*, „Urania- PA”, s. 12-15.
- Tatarkiewicz W., 1981, *Historia filozofii*, Wyd. 9. T. 1: Filozofia starożytna i średniowieczna, Warszawa, s. 47-53.
- Toomre A., 1977, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 15, s. 473.
- Trumpler R.J., 1930, *Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters*, Lick Observatory bulletin, nr 420, s. 154-188.
- Visser H., 1980, *Astronomy and Astrophysics*, 88, s. 159.
- Wallace W., Mitchell J.M., 1911, „Anaxagoras”. In Chisholm, Hugh, *Encyclopedia Britannica*, 1, s. 943.
- Way M., Hunter D., 2013, *Origins of the Expanding Universe: 1912-1932*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series.
- Wolarski W. (red.), 2006, *Encyklopedia Britannica*, Poznań, s. 115.
- Wolarski W., 2006, *Encyklopedia Britannica. Ziemia i Wszechświat*, Poznań, s. 25.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

KAMILA DROŻYNER

Studentka I roku mechatroniki, studia II stopnia

Studenckie Koło Naukowe Systemów Bezpieczeństwa i Jakości

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Student of the 1st year of Mechatronics, 2nd grade studies

Student Scientific Research Club of Security Systems and Quality

University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Badanie starzenia termicznego kasków ochronnych metodą ultradźwiękową

Testing Thermal Aging of Protective Helmets Using Ultrasonic Method

Summary: The aim of this study was to investigate the effects of thermal aging of the polyethylene shell of the industrial safety helmet EVO2-JSP using the ultrasonic transmission method and the density test. The samples were cut from the helmet shell and aged for 4, 7, 10 and 13 days. The results of the measurement of density and Young's ultrasound module were compared with the results for unaged samples. The studies have shown that aging changes are detected much earlier by ultrasound examination of the material than by density determination.

Key words: safety helmets, polymer aging, non-destructive tests.

Wstęp

W wielu sektorach gospodarki takich jak górnictwo, budownictwo itp., pracownicy są narażeni na różnego rodzaju zagrożenia mechaniczne. W wielu takich miejscach ryzyko obrażeń głowy, która jest najbardziej krytyczną częścią ludzkiego ciała, jest wysokie. Najczęściej przyczynami urazów są uderzenia przez spadające przedmioty oraz uderzenia ostrymi i twardymi przedmiotami. Urazy spowodowane czynnikami mechanicznymi mogą mieć nie tylko powierzchowny charakter (np. otarcie skóry), ale także mogą powodować uszkodzenie kości czaszki, mózgu czy nawet kręgow szyjnych.

W najgorszych przypadkach takie wypadki mogą prowadzić do trwałej niesprawności a nawet śmierci. Niestety, w wielu miejscach pracy zagrożenia uszkodzenia ciała nie można zlikwidować poprzez zwykłe stosowanie środków ochrony zbiorowej czy poprzez różnego rodzaju działania organizacyjne. W większości takich przypadków, jedynym sposobem na ochronę pracowników jest stosowanie środków ochrony indywidualnej (Jachowicz 2016). Najgroźniejsze w skutkach, jeżeli chodzi o utratę zdrowia pracownika, są urazy głowy. Najpoważniejszym zagrożeniem dla tego rodzaju urazów są zagrożenia mechaniczne. W celu ochrony głowy stosuje się przemysłowe hełmy ochronne. Ich głównym zadaniem jest:

- zabezpieczenie głowy przed spadającymi przedmiotami,
- zabezpieczenie przed uderzeniami głową o różnego rodzaju niebezpieczne obiekty,
- zabezpieczenie przed siłami ściskającymi,
- zabezpieczenie przed różnego rodzaju odpryskami (Kordecka 1997).

Rozróżnia się trzy rodzaje hełmów ochronnych:

- przemysłowy hełm lekki spełniający wymagania PN-EN 812:2002,
- przemysłowy hełm ochronny spełniający wymagania PN-EN 397:2012,
- wysokoskutechny hełm ochronny spełniający wymagania PN-EN 14052:2006(U).

Przemysłowy hełm lekki służy do zabezpieczenia głowy użytkownika przed zagrożeniami mogącymi spowodować powierzchowne urazy, np. otarcie skóry. Chroni przed uderzeniami o nieruchome, wystające elementy, nie zapewnia natomiast ochrony przed uderzeniami elementów będących w ruchu. Przemysłowy hełm ochronny służy do zabezpieczenia użytkownika przed zagrożeniami mogącymi spowodować poważne uszkodzenia czaszki, mózgu czy też kręgów szyjnych, wywołane poprzez spadające, twarde przedmioty. Wysokoskutechny hełm ochronny służy do zabezpieczenia użytkownika przed zagrożeniami wywołanymi spadającymi, ostrymi przedmiotami o dużej energii kinetycznej.

Głównym elementem ochronnym hełmu przejmującym największe naprężenia jest skorupa. Wykonana jest ona z materiału polimerowego. Polimery to bardzo różnorodna grupa materiałów konstrukcyjnych. Można je klasyfikować w różnoraki sposób, lecz nie ma jednoznacznego podziału. Najczęściej dzieli się je na podstawie sposobu otrzymywania, składu chemicznego, budowy fizycznej cząsteczek, budowy reologicznej czy też struktury fizyko-chemicznej (Osiecka 2005). Jednym z najczęściej stosowanych tworzyw sztucznych jest polietylen. PE jest to polimer posiadający niezwykle prostą strukturę cząsteczkową o wzorze $[-CH_2CH_2-]_n$. Obecnie jest materiałem powszechnie znanym i produkowanym największym tonażem. Charakteryzuje się dobrą odpornością chemiczną. Jest łatwy do przetwarzania i dosyć tani. Polietylen posiada wygląd podobny do wosku. Na jego główne właściwości fizyczne, takie jak wytrzymałość na rozciąganie, twardość, gęstość czy też sztywność, wpływa masa cząsteczkowa. Zwiększenie masy cząsteczkowej niesie za sobą zwiększenie temperatury mięknięcia. W temperaturze pokojowej jest odporny na prawie wszystkie związki chemiczne. Oddziaływanie takich substancji jak rozpuszczalniki czy rozcieńczone kwasy oraz zasady nie wpływa na zmianę właściwości polietylenu. Jedynie takie związki jak węglowodory aromatycz-

ne lub silnie utleniające kwasy mogą powodować jego niszczenie, a obecność tłuszczu może powodować pęcznienie.

Ze względu na warunki w jakich przebiega proces polimeryzacji polietylenu różni się:

- PE-LD polietylen małej gęstości – polietylen wysokociśnieniowy – otrzymywany jest z etylenu, na skutek polimeryzacji pod wysokim ciśnieniem. Ma on gęstość $0,91 \text{ g/cm}^3$. Jego temperatura stosowania wynosi od -50 do $+75^\circ\text{C}$. Nawet w niskich temperaturach zachowuje wysoką elastyczność,
- PE-HD (HDPE) polietylen dużej gęstości – jest to polietylen niskociśnieniowy. Jego gęstość jest wysoka ($0,96 \text{ g/cm}^3$). Jest częściej stosowany niż wysokociśnieniowy, ponieważ ma większą wytrzymałość, twardość oraz odporność termiczną (do $+120^\circ\text{C}$) (Nicholson 1994).

W wyniku użytkowania wyroby wykonane z polimerów ulegają degradacji. Degradacja polimerów jest to rozpad poprzez oddziaływanie na tworzywo czynników fizycznych, chemicznych oraz biologicznych takich jak:

- wysoka temperatura (termodegradacja),
- utlenianie (degradacja termoksydacyjna),
- działanie czynników biologicznych jak bakterie czy grzyby (biodegradacja),
- promieniowanie UV (fotodegradacja),
- promieniowanie jonizujące (degradacja radiacyjna),
- działanie kwasów i zasad (degradacja hydrolityczna).

Proces taki określany jest mianem starzenia. Starzenie tworzywa sztucznego jest to nic innego jak rozpad polimeru pod wpływem oddziaływujących na niego czynników fizycznych jak i chemicznych. Polimery winylowe wykazują większą odporność na działanie czynników degradujących niż polimery, które zawierają w łańcuchu głównym wiązania podwójne (Rąbek 2008).

Proces starzenia wpływa niekorzystnie na właściwości mechaniczne wyrobów z tworzyw sztucznych. Większość badań właściwości mechanicznych wymaga oddziaływania siłami zewnętrznymi na dany wyrób. Duża część testów wymaga również naruszenia struktury materiału. Tego typu testy uniemożliwiają wykorzystanie wyrobu po określeniu jego właściwości. W celu umożliwienia określenia właściwości mechanicznych wyrobu w trakcie użytkowania stosuje się badania nieniszczące. Badania te nie powodują straty własności użytkowania materiału, poddanego temu badaniu. Umożliwiają one:

- opisanie cech i stanu materiału, z którego zbudowany jest obiekt użyty do badania, np. naprężenie, wytrzymałość;
- pomiar gęstości obiektu badanego;
- ocenę i wykrycie nieciągłości materiału lub ujawnienie, że badany obiekt posiada wtrącenia innego tworzywa; nazywa się to badaniami defektoskopowymi.

Jedną z metod, stosowanych w badaniach nieniszczących, jest metoda akustyczna. Opiera się ona na zjawiskach wzbudzenia i rozprzestrzeniania się drgań mechanicznych w materiale użytym do badania. Do metod akustycznych należą metody: emisji akustycznej, tożsamości dźwiękowej, drgań rezonansowych oraz ultradźwiękowa (Deputat 1979).

Material i metody

Do badania wykorzystany został przemysłowy hełm ochronny EVO2-JSP, spełniający wymagania normy PN-EN 397. Wykonany jest on z polietylenu o dużej gęstości PE-HD (HDPE). Ma możliwość dopasowania do rozmiaru głowy poprzez regulowane napięcie o zakresie 53-64 cm. Jest wyposażony w trzypunktową regulację głębokości wiązby wykonanej z polietylenu o małej gęstości PE-LD (LDPD). Stosowany jest w temperaturach od -30°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Posiada potnik pokryty porowatym poliuretanem P4. Hełm chroni przed uderzeniami przez spadające przedmioty. Przeznaczony jest do użytku w: budownictwie, przemyśle, w magazynach i halach.

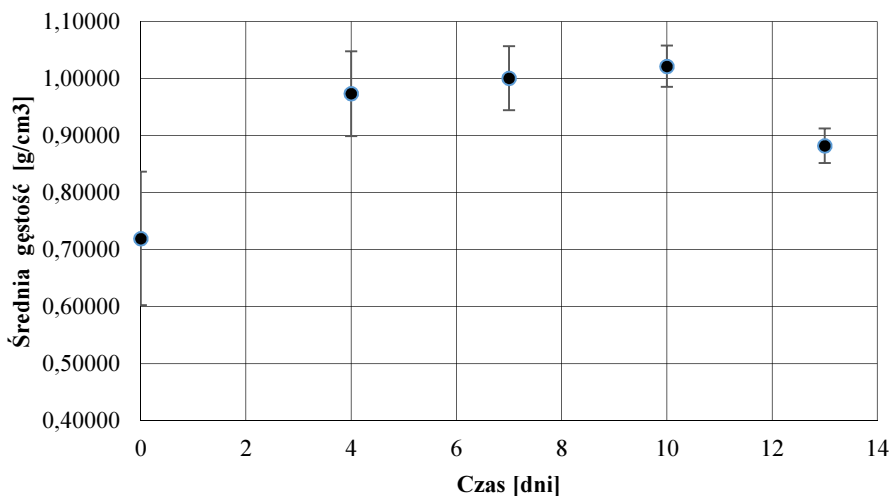
Przeznaczone do badań próbki zostały pobrane ze skorupy przemysłowego hełmu ochronnego EVO2-JSP. Narzędziami wykorzystanymi do wycięcia próbek były nożyce oraz brzeszczot do metalu. Łącznie przygotowano szesnaście elementów i pogrupowano je po 4 sztuki. Następnie wszystkie poddane zostały badaniu gęstości i badaniu przepuszczalności fal ultradźwiękowych. W celu określenia gęstości zmierzono wymiary oraz masy próbek. Do określenia wymiarów wykorzystano suwmiarkę elektroniczną L150 pro o dokładności do 0,01 mm. Do określenia masy użyto wagi analitycznej firmy RADWAG AS 220.R2 o dokładności do 0,0001 g. Do zmierzenia czasu przejścia fali ultradźwiękowej użyto generatora fal Olympus 5800 NDT z oscyloskopem Tektronix 1012B. Najpierw badaniu została poddana grupa próbek niepoddanych procesowi starzenia. Pozostałe próbki zostały umieszczone w piecu nastawionym na temperaturę 90°C . Czasy przyspieszonego starzenia termicznego wynosił: cztery, siedem, dziesięć oraz trzynaście dni. Starzone próbki zostały poddane tym samym procedurą badawczym, co próbki niestarzone.

Omówienie wyników

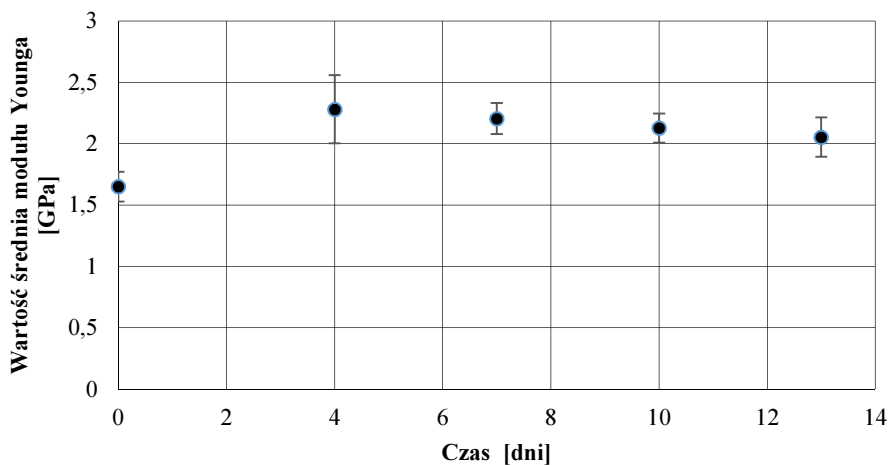
Wyniki pomiaru gęstości próbek przedstawiono na Rys. 1. Próbki niestarzone posiadały średnią gęstość $0,72\pm 0,12\text{ g cm}^{-3}$. Po czterech dniach starzenia gęstość próbek wzrosła do $0,97\pm 0,07\text{ g cm}^{-3}$. Zmierzone gęstości po siedmiu dniach starzenia wyniosły $1,00\pm 0,05\text{ g cm}^{-3}$, natomiast po dziesięciu dniach $1,02\pm 0,04\text{ g cm}^{-3}$. Wyniki pomiarów gęstości zmierzone po 4, 7 i 10 dniach starzenia nie wykazują znaczących różnic. Należy podejrzewać, że wzrost gęstości jest spowodowany odparowaniem lub rozkładem plastyfikatorów. Po trzynastym dniu starzenia zaobserwowano znaczące zmniejszenie średniej gęstości do $0,88\pm 0,03\text{ g cm}^{-3}$. Można podejrzewać, że po tym czasie następuje degradacja i rozpad łańcuchów polietylenowych.

Na Rys. 2 przedstawiono wyniki pomiaru modułu Younga metodą ultradźwiękową. Próbki niestarzone wykazały średnią wartość modułu Younga wynoszącą $1,65\pm 0,12\text{ GPa}$. Po czterech dniach zmierzono największe wartości w zakresie $2,28\pm 0,28\text{ GPa}$. Po siedmiu dniach zmierzone wartości wynosiły $2,20\pm 0,13\text{ GPa}$. Po dziesięciu dniach wartości wynosiły $2,12\pm 0,12\text{ GPa}$. Najdłużej starzone próbki wykazują wartość modułu Younga $2,05\pm 0,15\text{ GPa}$. Moduł Younga po czterech dniach starzenia wzrasta, co potwierdza tezę o wpływie rozpadu lub wyparowaniu plastyfikatora na degradację własności mechanicznych materiału. Zmiany modułu Younga próbek starzonych pomimo, że nie różnią się znacząco to obniżają jego wartość wraz z rosnącym czasem starzenia. Ten trend może wskazywać na wcześniejsze rozpoczęcie procesu degradacji. Pomiar gęstości może wska-

zywać na pogorszenie właściwości mechanicznych jednak nie jest on dokładny. Dodatkowy pomiar czasu przejścia fali ultradźwiękowej umożliwia pomiar modułu Younga i dokładniejsze określenie stanu tworzywa, bez naruszenia jego struktury.



Rysunek 1. Zmiana gęstości po czasie starzenia



Rysunek 2. Zmiana wartości modułu Younga po czasie starzenia

Podsumowanie

W wyniku przyspieszonego termicznie starzenia skorupy hełmu ochronnego zaobserwowano znaczące zmiany zarówno gęstości jak i modułu Younga już po czterech dniach trwania procesu. Obydwa parametry zmieniają się w inny sposób i nie są od siebie bezpośrednio zależne. Zarówno zmiany gęstości jak i pomiar modułu Younga metodą ultradźwiękową mogą zostać wykonane bez naruszania struktury skorupy ochronnej. Mogą więc posłużyć jako szybka metoda oceny jakości hełmu ochronnego. W przypadku środków ochrony głowy, ich przydatność jest określana przez okres użytkowania podany przez producenta. Po upływie daty ważności hełmu właściciel jest zobowiązany do zutylizowania wyrobu, niezależnie od tego czy był użytkowany czy nie. Metoda ultradźwiękowa może pozwolić na ocenę właściwości ochronnych hełmu bez zmiany jego właściwości mechanicznych i tym samym po odpowiednich procedurach normalizacyjnych umożliwić wykorzystywanie wyrobu aż do utraty jego właściwości użytkowych.

Bibliografia

- Jachowicz, M., 2016, *Measurement of construction parameters of safety helmets using 3D scanning technology*, „Measurement Automation Monitoring”, z. 62, Warszawa, s. 288-291.
- Kordecka D., 1997, *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*, Warszawa.
- Nicholson J., 1996, *Chemia polimerów*, Warszawa.
- Rąbek J., 2008, *Współczesna wiedza o polimerach*, Warszawa.
- Deputat J., 1979, *Badania ultradźwiękowe: Podstawy: materiały szkoleniowe*, Gliwice.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

LAURA FRYDEL

Studentka I roku, studia II stopnia
Studenckie Koło Naukowe Kalcyt
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 1st year, 2nd grade studies
Kalcyt Student Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Antyoksydacyjne właściwości ziół i owoców roślin oraz grzybów – wybrane przykłady

Antioxidant Properties of Herbs, Plant Fruit and Fungi – Selected Examples

Summary: Because of their potential to be used in the food, chemical and pharmaceutical industries, bioactive compounds, including compounds with antioxidant properties are increasingly more in demand, especially if they are of natural origin. That is why we are constantly looking for plants which, apart from high content of substances with such properties, will also be available. Of the substances with antioxidant properties, the most significant are phenolic compounds, including flavonoids, anthocyanins, isoflavones, as well as catechins, carotenoids as well as vitamin C and E, which have a weaker effect. This paper presents plants and fungi which are the source of such compounds.

Key words: herbs, antioxidants, phenolic compounds, free radicals.

Aktywność przeciwutleniająca

Naturalne związki wykazujące działanie antyoksydacyjne występują w roślinach. Mogą też być pozyskiwane na drodze syntezy chemicznej. Uważa się, że substancje pochodzenia naturalnego są lepiej przyswajane niż te syntetyczne (Charles 2013). Związkami wykazującymi największe działanie przeciwutleniające są polifenole, do których należą przede wszystkim flawonoidy, a także katechiny, antocyjany oraz izoflawony. Karotenoidy oraz witaminy C i E odznaczają się słabszymi właściwościami antyoksy-

dacyjnymi (Biesiada i in. 2007). Przeciwtleniające działanie flawonoidów objawia się (Malinowska 2009):

- przez redukcję wodoronadtlenków i nadtlenków, a także rodnika hydroksylowego (oddanie elektronu lub atom wodoru),
- przez usuwanie wolnych rodników za pomocą:
 - wiązania ich, dzięki czemu niesparowany elektron zostaje zdelokalizowany lub ustabilizowany,
 - ograniczenia reakcji rodnikowych o charakterze łańcuchowym przez inhibicję reakcji inicjowanych przez aktywny tlen,
 - stabilizowania powstałych w reakcjach utleniania wolnych rodników przez ich kompleksowanie lub uwodornienie,
- przez wiązanie się w kompleks z jonami metali, które pełnią rolę katalizatorów reakcji utleniania,
- przez hamowanie działania oksydaz.

Uważa się, że obecne w organizmach rodniki, w tym reaktywne formy tlenu, są odpowiedzialne nie tylko za procesy starzenia się, ale również za różnego rodzaju choroby, takie jak: choroby sercowo-naczyniowe, miażdżyca, cukrzyca, reumatoidalne zapalenie stawów, czy też osłabienie działania układu immunologicznego (Charles 2013). Ponadto mogą one powodować powstawanie nowotworów i chorób neurodegeneracyjnych, np. choroba Alzheimera czy choroba Parkinsona (Słowianek, Leszczyńska 2016). Mechanizm inicjowania tych stanów patologicznych prowadzi do występowania w organizmie stresu oksydacyjnego, czyli braku równowagi pomiędzy stężeniem reaktywnych form tlenu a aktywnością mechanizmów przeciwtleniających. Stan ten może powodować niszczenie struktury komórkowej, a nawet prowadzić do uszkodzenia tkanek. Zarówno reaktywne formy tlenu, jak również często występujące reaktywne formy azotu, mogą powstawać w organizmie na skutek działania czynników zewnętrznych i wewnętrznych, podobnie jak ma to miejsce w przypadku ponadtlenku, nadtlenku wodoru oraz tlenu singletowego (Charles 2013).

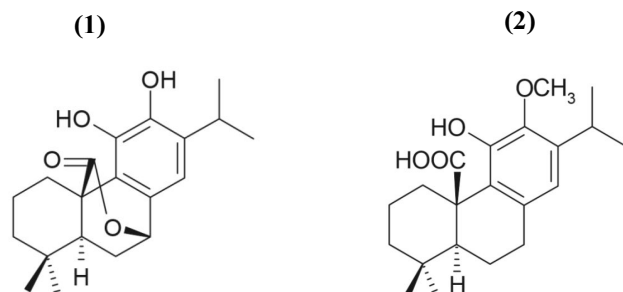
Opracowano wiele metod określających aktywność antyoksydacyjną. Najważniejszymi z nich są metody badania zdolności zmiatania rodników DPPH i kationorodników ABTS (Charles 2013). Metoda wykorzystująca DPPH polega na redukcji stabilnych rodników DPPH. Rodnik DPPH posiada na atomie azotu niesparowany elektron. Alkoholowy roztwór DPPH ma barwę purpurową, a jego maksimum absorpcji znajduje się przy długości fali 517 nm. Gdy rodnik ulegnie reakcji z substancją mogącą oddać atom wodoru, powstaje forma zredukowana DPPH, a roztwór zmienia barwę na żółtą. Spadek absorpcji jest wprost proporcjonalny do ilości utlenionej formy DPPH pozostającej w roztworze (Zych, Krzepińko 2010). Zastosowano ją do określenia aktywności antyoksydacyjnej soków pomarańczowych, win, ekstraktów jabłkowych i owoców (Zaporozhets 2004). Metoda ABTS związana jest ze zdolnością substancji o właściwościach antyoksydacyjnych do bezpośredniej reakcji z kationorodnikami ABTS wytwarzanymi w reakcjach chemicznych lub enzymatycznych z peroksydazą lub mioglobina. Przeciwtleniacze redukują kationorodnik ABTS•+, a spadek absorpcji jest wprost proporcjonalny do ilości antyoksydantów (Bartosz 2003). Rodniki ABTS•+ mają barwę niebieskozieloną, a ich maksimum absorpcji występuje przy długościach fal: 417, 645, 734 i 815 nm. Redukcja kationorodnika zależy od stężenia i aktywności przeciwu-

tleniacza oraz czasu trwania reakcji. Podczas reakcji niebieskozielona barwa zanika, a spadek intensywności zabarwienia jest wprost proporcjonalny do ilości przeciwutleniaczy (Cybul, Nowak 2008).

Przeciwutleniacze, posiadające małe masy cząsteczkowe, np. flawonoidy, reagują bezpośrednio z reaktywnymi formami tlenu i azotu lub pośrednio z metabolitami reakcji redoks, dzięki czemu zapobiegają tworzeniu się reaktywnych form tlenu i reaktywnych form azotu. W organizmach ludzkich często obserwuje się brak równowagi między ilością reaktywnych form tlenu i reaktywnych form azotu a poziomem endogennych przeciwutleniaczy, dlatego też trwają poszukiwania naturalnych źródeł antyoksydantów, które byłyby skutecznym środkiem w walce z wolnymi rodnikami powodującymi mutacje i schorzenia chorobowe (Słowianek, Leszczyńska 2016).

Zioła hamujące wytwarzanie wolnych rodników

Właściwości antyoksydacyjne ma wiele ziół. Coraz częściej słyszy się o związkach występujących w roślinach, które mają zdolność wychwytywania wolnych rodników, dzięki czemu chronią organizmy przed wieloma chorobami. Jednymi z bardziej znanych są szalwia lekarska (*Salvia officinalis*) i rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*). Swoje zdolności antyoksydacyjne zawdzięczają one obecności związków di- i triterpenowych, flawonoidów, a także olejków eterycznych, z czego największą ilość, a co za tym idzie największy wpływ na działanie przeciwutleniające obu ziół, mają karnozol i kwas karnozynowy, będą związkami terpenowymi (Rys. 1).



Rysunek 1. Wzory strukturalne karnozolu (1) i kwasu 12-metoksykarnozynowego (2)
Źródło: Woźniak 2009.

Należy również zwrócić uwagę na ich działanie prowadzące do zmniejszenia ryzyka zachorowania na nowotwory, miażdżycę, cukrzycę, reumatyzm i artretyzm oraz ochronę przed uszkodzeniem DNA.

Co więcej, w zależności od użytych podczas ekstrakcji rozmarynu i szalwii rozтворów, aktywność przeciwutleniająca maleje, przy czym najwyższa jest w przypadku zastosowania heksanu, a najniższa – acetonu. Generalnie lepsze wyniki uzyskuje się przy zastosowaniu rozpuszczalników o mniejszej polarności (Woźniak 2009).

Kolejną rośliną o działaniu przeciwutleniającym jest bakopa drobnolistna (*Bacopa monnieri*) z rodziny trędownikowatych. Działanie to zawdzięcza obecności związków

fenolowych i triterpenów, a jej potencjał antyoksydacyjny jest niewiele niższy dla kwasu askorbinowego. Stosowanie etanolowego ekstraktu z tej rośliny powoduje zwiększenie aktywności przeciwutleniających enzymów i zmniejszenie utleniania lipidów do ich nadtlenków. Oprócz tych niezwykle cennych właściwości bakopa drobnolistna wykazuje działanie przeciwnowotworowe i wykorzystywana jest w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak: choroby Alzheimera i Parkinsona (Łojewski i in. 2014).

Koszyczek nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis*), będącego jednoroczną rośliną ozdobną zawiera w swoim składzie wiele cennych związków wykazujących właściwości antyoksydacyjne, którymi są: flawonoidy, fenolokwasy, triterpeny, olejki eteryczne, poliacyleny, czy karotenoidy. Związki o silniejszych właściwościach przeciwutleniających mają charakter polifenoli i należą do nich: flawonoidy, izoflawony, katechiny i antocyjany. Nieco słabsze działanie przejawiają witaminy C i E, a także karotenoidy. W przypadku nagietka lekarskiego wykazano różną zawartość związków i aktywność przeciwutleniającą w zależności od odmiany tej rośliny (Biesiada i in. 2007).

Liście i kwiaty podbiału pospolitego (*Tussilago farfara*) są również bogate w wiele substancji, w tym związki fenolowe, m.in. kwas kawowy i chlorogenowy, a także flawonoidy, w tym kwercetyna i jej glikozyd – rutyna. Udowodniono, że dzięki dużej zawartości związków polifenolowych roślina ta wykazuje dobre właściwości przeciwutleniające i stosunkowo dużą aktywność zarówno wobec rodników ABTS^{•+}, jak i w stosunku do wolnych rodników DPPH. Natomiast obecne w podbiale polisacharydy zmiatają reaktywne formy tlenu. Wyciągi z ziela podbiału wykazują również właściwości przeciwrakowe, hamując wzrost komórek nowotworowych, a sok otrzymywany ze świeżych liści podbiału odznacza się aktywnością przeciwmutageną (Piotrowska i in. 2015).

Nasiona trzech odmian kozieradki (*Trigonella*) – *Trigonella stellata*, *Trigonella hamosa* i *Trigonella anguina*, będących jednorocznymi ziołami z rodziny motylkowatych, również wykazują zdolność eliminowania lub hamowania tworzenia reaktywnych substancji, a także przyczyniają się do powstawania systemów obronnych w organizmach w warunkach stresu antyoksydacyjnego. Właściwości te różnią się jednak w zależności od odmiany (Al-Rumaih 2008).

Liście, kwiaty i łodygi cząbra ogrodowego (*Satureja hortensis*), stosowane często jako dodatki do mieszanek przypraw, mogą wykazywać wiele właściwości, w tym przeciwutleniające. W przypadku olejków eterycznych i ekstraktów mogą one ulec zmianie ze względu na różny skład chemiczny olejku, który zależy od pochodzenia rośliny i warunków uprawy. W przypadku cząbrki ogrodowej uprawianej latem stwierdzono wysoką zawartość γ -terpinenu, karwakrolu, tymolu oraz polifenoli. Wykazano, że metanolowe wyciągi cząbrki posiadają właściwości antyoksydacyjne, co potwierdzone jest jego zdolnością redukcji stabilnego rodnika DPPH. Aktywność antyoksydacyjna może być również związana z obecnością w ekstrakcie kwasu rozmarynowego. Ekstrakty z cząbrki posiadają substancje zdolne do przeciwdziałania reaktywnym formom tlenu (Gulluce 2003).

Właściwości przeciwutleniające oregano (*Origanum vulgare*) związane są ze zdolnością do zmiatania rodników DPPH i wynikają z obecności znacznych ilości związków fenolowych (Horváthová 2007).

Gryka (*Fagopyrum esculentum*) zawiera związki fenolowe, w tym flawonoidy i fenolokwasy. Podstawowymi fenolami są rutyna, która ma zdolność do zmiatania wolnych rodników, a także kwas chlorogenowy i hiperozyd, które również wykazują aktywność przeciwrodnikową (Hinneburg, Neubert 2005).

Aktywność przeciwutleniającą, związaną z obecnością polifenoli, oprócz szalwii, rozmarynu i oregano posiadają również inne rośliny przyprawowe. Wśród nich wymienić możemy: tymianek (*Thymus vulgaris*), mięętę (*Mentha piperita*), goździki (*Dianthus L.*), majeranek (*Origanum majorana*), laur (*Bacca laurea*), cynamon (*Cinnamon*), estragon (*Artemisia dracunculus*), kurkumę (*Curcuma longa*) i rośliny przyprawowe z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*). Z wymienionych roślin największą zawartość polifenoli ma cynamon, goździk i tymianek, a największą zdolność zmiatania rodników DPPH wykazują według malejącej aktywności: bazylia, oregano, majeranek, laur, cząber, tymianek, cynamon, estragon i kurkuma (Kozłowska, Ścibisz 2012).

Właściwości przeciwrodnikowe owoców roślin i grzybów

Oprócz samych ziół, działanie przeciwutleniające posiadają również m.in. aktinidia, borówka, jeżyna, aronia, a także grzyby – wrośniak różnobarwny (Du 2009).

Owoce aktinidii (*Actinidia*) swoje właściwości antyoksydacyjne zawdzięczają obecności w swoim składzie witaminy C i E oraz flawonoidów a także sporych ilości pigmentów, w tym chlorofilu i karotenoidów. Witamina C zapobiega powstawaniu związków N-nitrozowych, które są substancjami rakotwórczymi występującymi m.in. w przetworzonym mięsie. Z tego względu spożywanie owoców aktinidii może zapobiegać rozwojowi chorób sercowo-naczyniowych, ale też niektórym nowotworom, szczególnie układu trawiennego, płuc i wątroby. Zarówno ogólna ilość polifenoli, jak i obecność witaminy C są głównymi czynnikami wpływającym na całkowitą zdolność antyoksydacyjną owoców Actinidia (Du 2009).

Oprócz często występujących w wielu warzywach i owocach witaminy C i E oraz karotenoidów, owoce borówki (*Vaccinium*), a w szczególności borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus*) odznaczają się wysoką zawartością kwasów fenolowych i innych związków flawonoidowych oraz antocyjanów, głównie 3-glukozydu i 3-galaktozydu delfinidyny, malwidyny, petunidyny, cyjanidyny i peonidyny. Udowodniono również, że 3-glukozyd cyjanidyny, który jest głównym składnikiem wyciągu z borówki czarnej, posiada właściwości antyoksydacyjne, zapobiega lub kontroluje powstawanie płynu śródmiąższowego i przyczynia się do kontroli redystrybucji przepływu krwi, a także wspomaga wytrzymałość i przepuszczalność naczyń włosowatych, poprawia wzrok, wspomaga gojenie się ran, czy też wykazuje działanie przeciwwrzdodowe i przeciwmiażdżycowe (Prior 1998).

Różne odmiany jeżyny również wykazują działanie przeciwutleniające ze względu na obecność w ich składzie witaminy C, antocyjanów i związków fenolowych, z czego udział kwasu askorbinowego jest najmniejszy, największy zaś wykazują związki fenolowe. Warto zaznaczyć, że dominującą antocyjanidyną jest cyjanidyna, zaś pelargonidyna, peonidyna, delfinidyna i petunidyna występują w mniejszych ilościach. W przypadku borówek amerykańskich, w których flawonoidy gromadzą się na powierzchni skórki, zawartość antocyjanów i flawonoidów jest tym wyższa, im większy jest stosu-

nek jej powierzchni do objętości. Inaczej jest w przypadku jeżyn, w których antocyjany występują w całym owocu (Deighton 2000).

Aronia czarnoowocowa (*Aronia melanocarpa*), należąca do owoców jagodowych, posiada największą wśród roślin ilość antocyjanów oraz innych polifenoli, w tym procyjanidyn oraz antocyjanów i fenolokwasów o dobrze znanych właściwościach przeciwutleniających. Oprócz antocyjanów, flawonolów i fenolokwasów, w jej owocach znajdują się również garbniki, składniki mineralne (molibden, mangan, miedź, bor, jod i kobalt) oraz witaminy: C, E, B₂, B₆, PP i P. Polifenole wykazują działanie przeciwnowotworowe, zwłaszcza we wczesnych etapach kancerogenezy, a antocyjany kontrolują i regulują ekspresję genów i czynników transkrypcyjnych biorących udział w procesie nowotworowym, dzięki czemu hamują jego powstawanie. Polifenole są zdolne do regeneracji i ochrony komórek śródbłonna, polepszając jego działanie zapobiegają również zlepianiu się płytek krwi (Białek i in. 2012).

Oprócz roślin, aktywność przeciwutleniającą i działanie prozdrowotne, dzięki obecności polisacharydów, związków polifenolowych i terpenów, wykazują również m.in. grzyby, np. wrośniak różnobarwny (*Trametes versicolor*) z rodziny żagwiowatych (*Polyporaceae*). Działanie przeciwnowotworowe wykazuje kompleks białkowo-polisacharydowy wyodrębniony ze szczepów wrośniaka różnobarwnego – Polisacharyd-K – Krestin. Aktywność związana jest z bezpośrednim działaniem Krestinu na komórki rakowe, pośrednim hamowaniem lub neutralizacją substancji immunosupresyjnych, czy też bezpośrednią lub pośrednią aktywacją limfocytów. Stwierdzono również działanie przeciwutleniające, które związane jest z obecnością w wyciągu wodnym z tego grzyba polisacharydów, białek i polifenoli (Sułkowska-Ziaja 2016).

Podsumowanie

Aktywność antyoksydacyjna wielu ziół i owoców roślin, czy też owocników grzybów związana jest z obecnością w ich składzie polifenoli, terpenów, związków mineralnych czy też witamin. Mechanizm ich działania polega na reakcji z wolnymi rodnikami, a dokładniej na katalizowaniu reakcji przechodzenia rodników w substancje obojętne, a także na chelatowaniu jonów metali, hamowaniu działania enzymów i tworzeniu mniej reaktywnych związków. Właściwość ta jest niezwykle ważna, gdyż brak równowagi pomiędzy reaktywnymi formami tlenu i reaktywnymi formami azotu a zawartością substancji przeciwutleniających prowadzi do powstania stresu oksydacyjnego, który ma negatywny wpływ na organizm (Charles 2013). Dlatego też niezbędne jest poszukiwanie antyoksydantów występujących naturalnie w środowisku. Jak się okazuje związki o działaniu antyoksydacyjnym występują w wielu popularnych ziołach, takich jak: szalwia, rozmaryn, oregano, tymianek, mięta, goździki, majeranek, laur, cynamon, estragon i kurkuma, a także w owocach: aktinidii, borówki, jeżyny, aronii, a nawet w owocnikach grzybów – np. wrośniaku różnobarwnym (Kozłowska, Ścibisz 2012).

Naturalne substancje są korzystniejsze dla człowieka, gdyż ewolucyjnie jesteśmy do nich lepiej przystosowani. Może nie działają one tak szybko jak leki syntetyczne, jednak odwieczna praktyka wskazuje na możliwość ich wykorzystywania.

Bibliografia

- Parus A., 2013, *Przeciwutleniające i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych*, „Postępy Fitoterapii”, nr 1, s. 48-53.
- Biesiada A., Sokół-Lętkowska A., Kucharska A., 2007, *Wpływ odmiany na aktywność antyoksydacyjną nagietka lekarskiego (Calendula officinalis L.)*, „Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu”, nr 41, s. 421-425.
- Charles D. J., 2013, *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*, Nowy York.
- Malinowska P., 2009, *Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów roślinnych stosowanych w emulsjach kosmetycznych*, Praca doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań.
- Słowianek M., Leszczyńska J., 2016, *Antioxidant properties of selected culinary spices*, „Herba Polonica”, nr 62 (1), s. 29-41.
- Zych I., Krzepiłko A., 2010, *Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH*, „Chemia-Dydaktyka-Ekologia-Metrologia”, nr 1 (15), s. 51-54.
- Zaporozhets O. (red.), 2004, *A New Test Method for the Evaluation of Total Antioxidant Activity of Herbal Products*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, nr 52, s. 21-25.
- Bartosz G., 2003, *Druga twarz tlenu*, Warszawa.
- Cybul M., Nowak R., 2008, *Przegląd metod stosowanych w analizie właściwości antyoksydacyjnych wyciągów roślinnych*, „Herba Polonica”, nr 54 (1), s. 68-78.
- Woźniak M. (red.), 2009, *Aktywność przeciwrodnikowa ekstraktów szalwii i rozmarynu*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, nr 4 (65), s. 133-141.
- Łojewski M., Muszyńska B., Sułkowska-Ziaja K., 2014, *Bacopa monnieri L. Pannel – roślina o wielokierunkowym działaniu leczniczym*, „Postępy Fitoterapii”, nr 2, s. 84-89.
- Piotrowska P., Wojcińska M., Matławska I., 2015, *Podbiał pospolity (Tussilago farfara L.)*, „Postępy Fitoterapii”, nr 3, s. 157-171.
- Al-Rumaih Muna M., Al-Rumaih May M., 2008, *Influence of Ionizing Radiation on Antioxidant Enzymes In Three Species of Trigonella*, „American Journal of Environmental Sciences”, nr 4 (2), s. 151-156.
- Gulluce M. (red.), 2003, *In Vitro Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities of the Essential Oil and Methanol Extracts of Herbal Parts and Callus Cultures of Satureja hortensis L.*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, nr 51, s. 3958-3965.
- Horváthová J. (red.), 2007, *The Influence of Gamma-Irradiation on the Formation of Free Radicals and Antioxidant Status of Oregano (Origanum vulgare L.)*, „Czech Journal of Food Sciences”, nr 25 (3), 2007, s. 131-143.
- Hinneburg I., Neubert R. H. H., 2005, *Influence of Extraction Parameters on the Phytochemical Characteristics of Extracts from Buckwheat (Fagopyrum esculentum) Herb*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, nr 53, 2005 s. 3-7.
- Kozłowska M., Ścibisz I., 2012, *Badanie zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z roślin przyprawowych podczas ich przechowywania*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna”, nr 3, 2012, s. 358-363.

- Du G. (red.), 2009, *Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actindia fruits*, „Food Chemistry”, nr 113, s. 557-562.
- Prior R. L. (red.), 1998, *Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of Vaccinium Species*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, nr 46, s. 2686-2693.
- Deighton N. (red.), 2000, *Antioxidant properties of domesticated and wild Rubus species*, „Journal of the Science of Food and Agriculture”, nr 80, s. 1307-1313.
- Białek M., Rutkowska J., Hallmann E., 2012, *Aronia czarnoowocowa (Aronia melanocarpa) jako potencjalny składnik żywności funkcjonalnej*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, nr 6 (85), s. 21-30.
- Sułkowska-Ziaja K. (red.), 2016, *Trametes versicolor (L.) Lloyd jako źródło związków biologicznie aktywnych o szerokim spektrum działania i zastosowania*, „Postępy Fitoterapii”, nr 4, s. 274-281.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

MATEUSZ GALANT, NATALIA GRZESIŃSKA

Studenci II roku rolnictwa, studia I stopnia
Studenckie Koło Naukowe Agronomów
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Students of the 2nd year of Agriculture, 1st degree studies
Agronomist Students Scientific Research Club
University of Life Sciences in Lublin

Wpływ glifosatu, chlomazonu i prosulfokarbu na energię i zdolność kiełkowania soi (*Glycinehispida*)

The Impact of Glyphosate, Clomazone and Prosulfocarb on Germination Energy and Capacity of Soy (*Glycinehispida*)

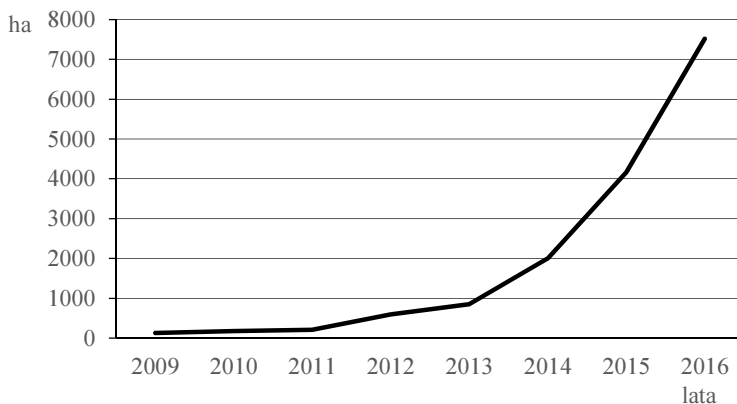
Summary: Soy (*Glycinehispida*) belongs to the Fabaceae family. It is grown mainly in the United States, Brazil and Argentina. The content of high quality protein (about 35-40%), fats (22%) and B- group vitamins results in soya beans being used in the production of feeds and it also makes valuable food for people. This plant plays an important role in the rotation cycle, improving soil structure and creating a perfect environment for cereals. The aim of the experiment was to evaluate germination energy, selected biometric features of seedlings, as well as air area of dry matter of aboveground parts after application of maximum herbicide doses recommended by the manufacturer.

Key words: soy, *Glycinehispida*, herbicides, germination energy, germination capability.

Wprowadzenie

Soja (*Glycinehispida*) to roślina należąca do rodziny bobowatych (*Fabaceae*). Jest bardzo cenną rośliną, uprawianą na całym świecie, jednak największą popularnością cieszy się w Stanach Zjednoczonych, Brazylii i Argentynie. Nasiona soi wykorzystuje się do celów spożywczych, paszowych oraz w przemyśle. Roślina ta pełni przede wszystkim istotną rolę w cyklu zmianowania, poprawiając strukturę gleby oraz pozostawiając po sobie doskonałe stanowisko dla roślin zbożowych. Największą zaletą soi jest zdolność współżycia z bakteriami brodawkowymi *Bradyrhizobium japonicum*, co pozwala roślinie asymilować azot atmosferyczny i zaspokajać nawet 2/3 swojego

zapotrzebowania na ten pierwiastek. Niestety bakterie te rzadko występują w naszych glebach, dlatego bardzo ważne jest zaprawianie nasion Nitraginą. W Polsce w ostatnich latach w dość szybkim tempie rośnie zainteresowanie uprawą soi, jednak poważnym problemem jest niewielka liczba środków ochrony roślin, posiadających rejestrację w jej uprawie, co istotnie ogranicza walkę z patogenami, a przede wszystkim z chwastami (Bujak i Frant 2009, Jędruszczak 1996, Jędruszczak i in. 2010, Luboiński 2017).



Rysunek 1. Powierzchnia plantacji nasiennych soi w Polsce w latach 2009-2016 według: PIORIN/ONZ

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z PIORIN i ONZ.

Cel pracy

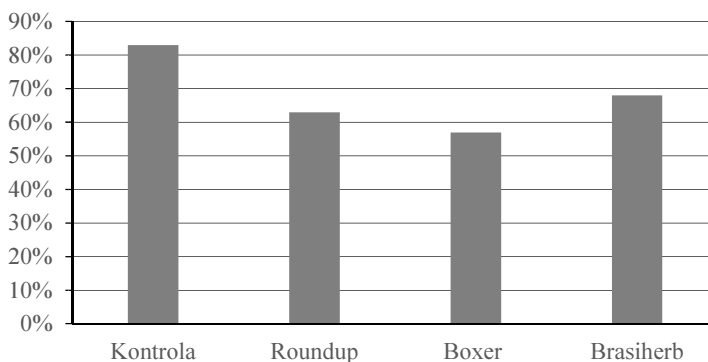
Celem pracy była ocena energii kiełkowania, wybranych cech biometrycznych siewek oraz powietrznie suchej masy części nadziemnych i podziemnych po zastosowaniu maksymalnych zalecanych przez producenta dawek wybranych herbicydów.

Metodyka badań

Badanie obejmowało doświadczenie przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych w szafie termostatycznej o kontrolowanej temperaturze, wynoszącej 18°C przez 12h w warunkach ciemnych, a następnie przez kolejne 12h w temperaturze 25°C w warunkach świetlnych. Eksperyment założono w 6 powtórzeniach wraz z próbą kontrolną (bez herbicydu) w pojemnikach o powierzchni 268,75 cm², wyłożonych wypranym piaskiem. Do każdego pojemnika wysiano po 30 nasion soi, a następnie aplikowano herbicydy: Roundup 360 SL, Boxer 800 EC, Brasiherb 480 EC. Po upływie 12 dni policzono skiełkowane nasiona, zmierzono długość części nadziemnej i podziemnej oraz całości rośliny, a także oznaczono powietrznie suchą masę siewek, łodyg i korzeni. Wszystkie otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic między średnimi określono na podstawie testu Tukey'a na poziomie istotności 0,05.

Analiza wyników i dyskusja

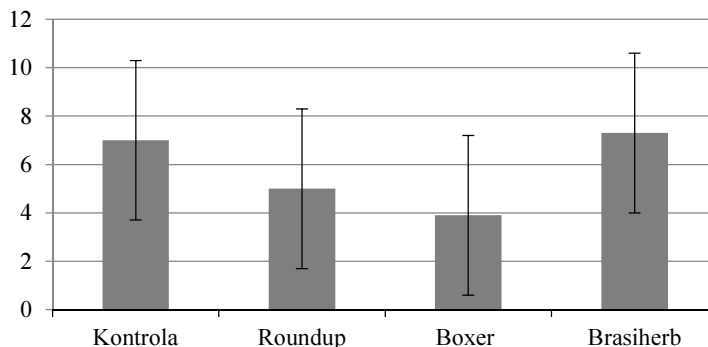
Po zastosowaniu poszczególnych środków chemicznych w zalecanych przez producenta dawkach i upływie 12 dni stwierdzono, że każda z substancji aktywnych wpłynęła negatywnie na badane parametry rośliny.



Rysunek 2. Zdolność kiełkowania nasion soi [%]

Źródło: Opracowanie własne.

Przeprowadzone badanie (Rys. 2) jednoznacznie pokazuje, że środki chemiczne obniżyły siłę kiełkowania średnio o 20% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Preparat Boxer 800 EC, zawierający prosulfokarb, obniżył energię i siłę kiełkowania aż o 25%.

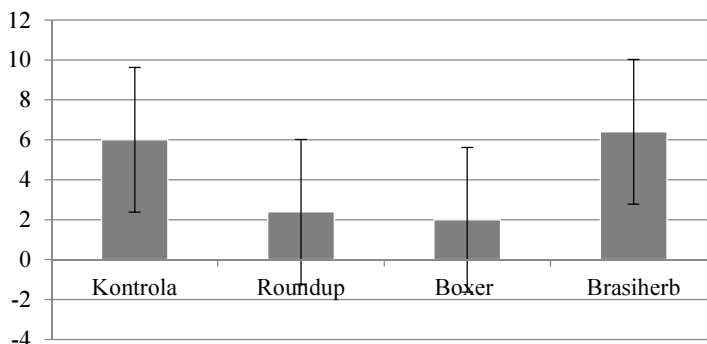


Rysunek 3. Długość łodygi soi [cm]

Źródło: Opracowanie własne.

Po przeanalizowaniu wyników doświadczenia stwierdzono, że preparat Boxer800 EC (s. a. prosulfokarb) w największym stopniu ograniczył długość łodygi o ok. 3 cm, natomiast Roundup 360 SL (s. a. glifosat) o ok. 2 cm a Brasiherb480 EC (s. a. chloma-

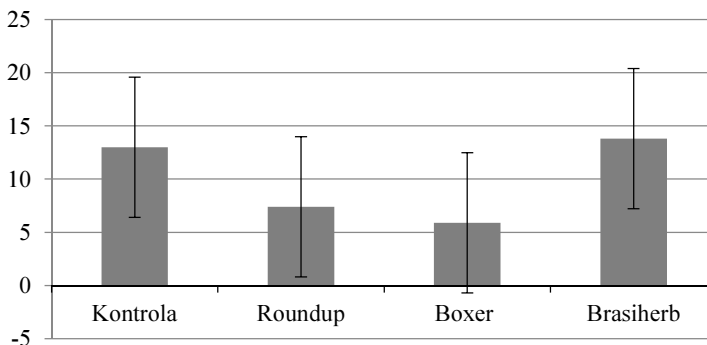
zon) nie spowodował żadnych różnic w długości łodygi w porównaniu do obiektu kontrolnego (Rys. 3).



Rysunek 4. Długość korzenia soi [cm]

Źródło: Opracowanie własne.

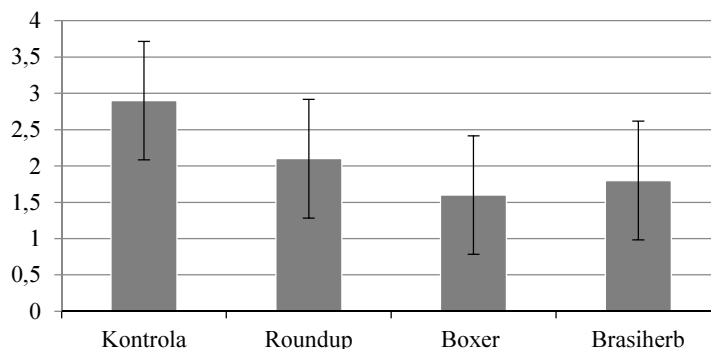
Analizując uzyskane wartości stwierdzono, że środki chemiczne Roundup 360 SL (s. a. glifosat) oraz Boxer800 EC (s. a. prosulfokarb) w największym stopniu skróciły długość korzeni o ok. 4 cm, co w latach o małej ilości opadów może w znacznym stopniu utrudnić pobranie wody z głębszych warstw gleby. Brasiherb480 EC (s. a. chlomazon) nie ograniczył wzrostu korzenia, porównując wyniki do próby kontrolnej (Rys. 4).



Rysunek 5. Długość całej rośliny [cm]

Źródło: Opracowanie własne.

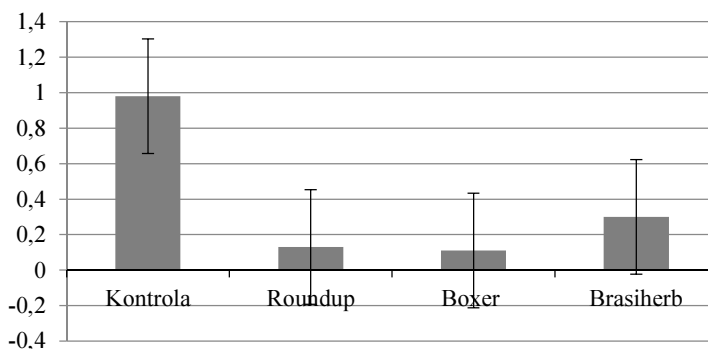
Mierząc długość całej rośliny (Rys. 5) stwierdzono, że preparat Roundup 360 SL (s. a. glifosat) oraz Boxer 800 EC (s. a. prosulfokarb) najistotniej skróciły całą roślinę o ok. 3 cm, natomiast Brasiherb 480 EC (s. a. chlomazon) nie wpłynął ograniczająco na wzrost całej rośliny, w porównaniu do obiektu kontrolnego.



Rysunek 6. Powietrznie sucha masa łodygi soi [g]

Źródło: Opracowanie własne.

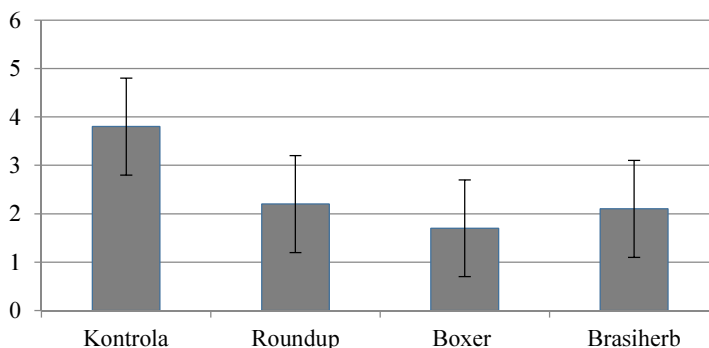
Dokonyjąc analizy powietrznie suchej masy łodygi (Rys. 6) stwierdzono, że każdy z aplikowanych środków chemicznych istotnie zmniejszył masę łodygi średnio o 1 g, w porównaniu do próby kontrolnej.



Rysunek 7. Powietrznie sucha masa korzeni [g]

Źródło: Opracowanie własne.

Po zważeniu korzeni i przeanalizowaniu wyników (Rys. 7.) stwierdzono istotną różnicę w powietrznie suchej masie korzeni roślin, poddanych działaniu herbicydów. Roundup 360 SL (s. a. glifosat) oraz Boxer 800 EC (s. a. prosulfokarb) obniżyły masę korzeni prawie o 90%, a Brasiherb480 EC (s. a. chlomazon) o prawie 70% w porównaniu do próby kontrolnej.



Rysunek 8. Powietrznie sucha masa całej rośliny [g]

Źródło: Opracowanie własne.

Zaaplikowane środki chemiczne negatywnie wpłynęły na powietrznie suchą masę siewek, obniżając ją o ok. 2 g w porównaniu z obiektem kontrolnym. Istotną różnicę w p.s.m. zaobserwowano po zastosowaniu preparatu Boxer 800 EC (Rys. 8).

Wnioski

Przeprowadzone doświadczenie dowiodło, iż najistotniejsze działanie inhibicyjne pod względem ocenianych parametrów wykazał prosulfokarb (Boxer 800 EC). Herbicydy obniżyły siłę kiełkowania roślin o ok. 15-25%. Każdy z pozostałych użytych środków obniżył masę rośliny o 44-55%.

Bibliografia

- Bujak K., Frant M., 2009, *Wpływ mieszanek herbicydów na plonowanie i zachwaszczenie pięciu odmian soi*, „Acta Agrophysica”, 13(3), s. 601-613.
- Jędruszczak M., 1996, *Problem chwastów w lanach soi i ich zwalczanie. Mat. Konf. Nauk. pt. Strączkowe rośliny białkowe II. Soja*, Lublin, s. 72-81.
- Jędruszczak M., Bujak K., Wesołowski M., 2010, *Chwasty w lanie soi uprawianej w siewie bezpośrednim z zastosowaniem mulczu z żyta ozimego oraz zmniejszonych dawek herbicydu. [Weeds in soybean canopy cultivated under direct sowing with winter rye mulch and reduced herbicide doses]*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E, Agricultura 65 (2), s. 29-37.
- Luboiński A., 2017, *Ochrona konwencjonalnych odmian soi (Glycine max L.) przed zachwaszczeniem komosą białą (Chenopodium album L.) i chwastnicą jednostronną (Echinochloa crus-galli L.)*, „Progress in Plant Protection”, 57 (2), s. 135-140.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

MAGDALENA GRABKA

Studentka III roku fizjoterapii, studia I stopnia
Studenckie Koło Naukowe MEDYK
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of 3rd year of physiotherapy, 1st degree studies
MEDYK Student Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Dogoterapia jako forma rehabilitacji

Dog Therapy as a Form of Rehabilitation

Summary: Dog therapy is one of the subgroups of zootherapy, it may be considered as a method of rehabilitation or treatment. While being a fairly recent method in Poland, it has been known in the world for centuries. As early as in 400 B.C., Hippocrates appreciated therapeutic qualities of interacting with animals. The development of dog therapy has been continuing for a long time, but it is still not sufficiently established and a lot of research is required in this area. The therapy is applied to children as well as to adults, the elderly and people with physical and mental disabilities. The aim of this article is to show the use of dog therapy in rehabilitation and the benefits of such method. The research was conducted on the basis of a critical review of the subject-matter literature. Interaction with a therapeutic dog brings many benefits for mental and physical health of patients and it supports development of children.

Key words: dog therapy, therapy with dog, animal-assisted therapy, zootherapy, physiotherapy, rehabilitation.

Wstęp

Udział zwierząt w terapii umożliwia emocjonalne wsparcie, polepsza stan zdrowia fizycznego i psychicznego. Dogoterapia, inaczej kynoterapia jest dziedziną rehabilitacji, w której uczestniczą odpowiednio przeszkolone i przygotowane do takiej pracy psy. Terapii poddaje się zarówno dzieci jak i osoby dorosłe, czy starsze, osoby niepełnosprawne ruchowo, chorych na ADHD, ADD, zespół Aspergera, autyzm, MPD, zespół Downa, dysleksje, fobie, chorobę Parkinsona, chorobę Alzheimera, epilepsję, schizofre-

nię, depresję, chorobę afektywną dwubiegunową, zaburzenia lękowe, stres pourazowy, zespół stresu poporodowego, osoby samotne, z rodzin patologicznych i wiele innych. Związek Zooterapeutów i Przewodników Zwierząt Pracujących podaje definicję dogoterapii: „Dogoterapia/kynoterapia – to terapia wspomagająca inne terapie, takie jak fizjoterapia, oligofrenoterapia, socjoterapia, resocjalizacja, wspomaganie sensomotoryczne, psychoterapia, terapia pedagogiczna, wspomaganie nauki uczniów o specjalnych potrzebach oraz innych terapii prowadzonych z dziećmi, młodzieżą, dorosłymi i osobami starszymi, mającymi na celu uruchomienie prawidłowego progresu rozwojowego i redukcję przeszkód tak w zakresie somatycznym jak i psychicznym oraz funkcjonowania społecznego”. Najważniejszą cechą psa terapeutycznego jest cierpliwość, zrównoważony charakter, spokój, brak zachowań agresywnych. Przed rozpoczęciem terapii, pies musi przejść długoletnie szkolenie i zdać wymagający egzamin przygotowujący go do pracy. Dogoterapeutą może zostać fizjoterapeuta, pedagog, pedagog specjalny, psycholog, psychoterapeuta. Preferowane są osoby posiadające dodatkowe kwalifikacje z dziedzin: behawiorysta, treser psów, zoopsycholog, weterynarz, fizjoterapeuta zwierząt, itp.

Historia dogoterapii

Pozytywny wpływ zwierząt hodowlanych był doceniany już w IV wieku p.n.e. Wybitny matematyk Hipokrates uważał, że jazda konna jest formą gimnastyki ducha i ciała (Kulisiewicz 2007). Psy w starożytnej Grecji były uznawane za uzdrowicieli. Początki dogoterapii datuje się już na IX wiek n.e. Nowatorską jak na tamte czasy terapię wprowadzono w klasztorach umiejscowionych w granicach dzisiejszej Belgii. Terapii z udziałem psa były poddawane dzieci „upośledzone”. Już w średniowieczu istniały w miejscowości Gheel sanktuarium, do którego były kierowane osoby z zaburzeniami rozwoju psychicznego. W XIII wieku sanktuarium to zostało przekształcone w ośrodek dla psychicznie chorych. Jedną z prowadzonych metod leczenia była tzw. terapia naturalna (z francuskiego *thérapie naturelle*). Polegała ona na kontakcie pacjentów ze zwierzętami hodowlanymi. Zadaniem pacjentów była opieka nad zwierzęciem: karmienie, czesanie, sprzątanie po nim, itp. W roku 1790 do placówki dla chorych psychicznie w York Lunatic Asylum położonej w północnej Anglii w mieście York trafiła Hannah Mills, która chorowała na depresję i zespół stresu pourazowego po śmierci męża i poronieniu. Placówka słynęła już w tedy z torturowania pacjentów. Kobieta była w placówce regularnie bita. Przebywała w York niedługo, została zwolniona pod wpływem nacisków opinii publicznej. Następnie trafiła na farmę pod opiekę Williama Tuke’a. Tuke zauważył, że kontakt ze zwierzętami poprawia stan Hanny. Zaobserwował on, że w szczególności przebywanie i opieka nad psami dawały jej dużo ukojenia. Tuke zainspirowany zdobytą wiedzą w 1792 r. otworzył własną placówkę, w której wykorzystywał metody terapii z psem u osób z zaburzeniami psychicznymi. Chorzy opiekowali się psami, karmili, czesali i wychodzili z nimi na spacer. Po tej przełomowej obserwacji Tuke’a i sukcesu powstałego ośrodka, sukcesywnie zaczęły powstawać wzorujące się na nim placówki w Manchesterze, Londynie, Exter i Liverpoolu. Każdy z tych szpitali posiadał własną farmę ze zwierzętami. Florence Nightingale w 1860 roku wydała podręcznik pielęgniarstwa „Notes on Nursing”, który zwrócił uwagę zagadnieniu dogoterapii. Opisała jako pierwsza więź psa z człowiekiem. Zaobserwowane przez Zygmun-

da Freuda 70 lat później (Sipowicz i in. 2016). W 1867 roku w szpitalu Bielefield powstał ogród, w którym chorzy na epilepsję mogli przebywać ze zwierzętami (Kulisiewicz 2007). Julie Sutter w 1880 roku przy wsparciu Armii Zbawienia stworzyła zakład dla chorych na epilepsję zajmujący się w głównej mierze terapią z udziałem psów. Cała inicjatywa była oparta na wcześniej powstałej placówce w Bethel, w której to Sutter wizytowała. W Bethel dogoterapię wykorzystywano u pacjentów z zaburzeniami neurologicznymi i psychicznymi. Założone przez Sutter miejsce cieszyło się ogromną popularnością. Dzienniki, w których opisywała swoje dokonania przetrwały do dzisiaj. Jest w nich opisane, że w XIX w. w ciągu 14 miesięcy przez placówkę przeszło 1200 pacjentów, z czego 966 opuściło zakład ze stanem na tyle dobrym, iż mogli wrócić do czynności zawodowych. Prawdziwym przełomem w postrzeganiu zwierząt i przynależności ludzi do zwierząt było opublikowanie dzieła Karola Darwina „O powstaniu gatunków”. Wykazało ono przynależność Homo Sapiens do królestwa zwierząt. Takie odkrycie dało iskrę do kolejnych badań w tej dziedzinie. Zaobserwowano, że tzw. zachowania pierwotne (smutek, radość, melancholia, cierpienie) są zarówno u człowieka jak i innych zwierząt takie same (Sipowicz i in. 2016). Anna Freud w 1937 r. zaobserwowała, że w relacji pies – człowiek, obie strony wykazują podobieństwa co do odczuwanych emocji (Kulisiewicz 2007). Podczas I Wojny Światowej Dorothy Harrison Eustis jako pierwsza założyła placówkę zajmującą się szkoleniem psów do pomocy żołnierzom oślepionym na froncie i tym ze stresem pourazowym. Lekarz Gerhard Stalling zajmował się transportem rannych i oślepionych żołnierzy, zauważył on, że, gdy w karetce był pies, żołnierze wykazywali się większym spokojem i zaufaniem do personelu medycznego. Po zakończeniu wojny za swoje duże zasługi, dostał zgodę rządu niemieckiego na otwarcie pierwszej oficjalnej Szkoły dla psów terapeutów dla osób niewidomych w Oldenburgu (Sipowicz i in. 2016). Amerykański Czerwony Krzyż w 1942 r. przy rehabilitacji lotników z zaburzeniami psychicznymi wykorzystywał psy. W 1944 r. psychiatra Bossard stwierdził, że kontakt dziecka z psem, podnosi jego samoocenę i pomaga pogodzić się z ograniczeniami. Małżeństwo psychiatrów Elizabeth i Sam Corson pracujący w Uniwersytecie Ohio, kontynuowało badania nad przypuszczeniami Bossarda. Wprowadzili na Uniwersytecie terapię z psem i nazwali mianem pet-facilitated psychoterapy (PET). Badania wykazały, że pacjenci wykazują większą zdolność do nawiązywania kontaktów, poprawiła się ich pewność siebie i stają się bardziej niezależni (Kulisiewicz 2007). Psychiatra Boris Levinson w 1964 r. opublikował artykuł „Pies jako współterapeuta” (The dog as co-therapist), gdzie po raz pierwszy użył sformułowania „terapia z udziałem zwierząt” (pet therapy). Opisywał w nim swoją pracę z dziećmi autystycznymi i ich reakcje na jego psa. Zaobserwował on, że dzieci które miały duży problem w kontakcie z człowiekiem, w kontakcie z psem są bardziej otwarte i pewne. W 1977 roku w USA powstała organizacja Delta Society (od 2012 roku Pet Partners), która zajmowała się szkoleniem psów terapeutów i badaniami nad wpływem na zdrowie człowieka terapii z psem. Obecnie Pet Parents jest jedną z głównych organizacji zajmujących się tą dziedziną. Wyznacza ona standardy szkolenia psów terapeutycznych i pracy z nimi (Jagielski i in. 2014: 163-167). Do Polski terapia z psem dotarła stosunkowo nie dawno. Maria Czerwiń jako pierwsza w 1996 roku użyła terminu „dogoterapia”. Od tego czasu dziedzina ta zaczęła się prężnie rozwijać. W Jastrzębcu w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk prowadzone

są badania na temat wykrywania chorób u ludzi przez specjalnie wyszkolone psy. Psy wykrywają zbliżające się ataki epilepsji, choroby nowotworowej, czy hipoglikemii (Kokocińska i in 2017).

Pozytywny wpływ kontaktu z psem na zdrowie człowieka

Pies kształtuje u dzieci empatię i otwartość. Stają się one bardziej pewne siebie. Kontakt z czworonogiem pozwala im zwalczyć strach przed nowymi doznaniem i uporać się z fobiami. Obecność psa podczas ćwiczeń ruchowych wpływa korzystnie na zaangażowanie dzieci (Nawrocka-Rohnka 2011: 147-152). Podczas zajęć dogoterapii, terapeuta wykonuje z dziećmi i psem różne zadania, które pomagają im opanować podstawy liczenia, mówienia, czytania, rozumienia, znajomości cyfr, liter, świadomości położenia części własnego ciała. Dogoterapeuta podczas swoich zajęć może wprowadzać też elementy terapii i integracji sensorycznej. Podczas zajęć edukacyjnych, na których jest obecny pies, dzieci wykazują większe zaangażowanie w naukę i chęć pracy.

Osoby starsze z dogoterapii mogą wynieść poprawę zdrowia psychicznego, pozytywne nastawienie. Dla osób samotnych pies może być namiastką przyjaciela. Dzięki czemu zwiększy się u nich poczucie zadowolenia, podniesie się ich samoocena a w konsekwencji poprawi się ogólny stan funkcjonowania psychicznego takiej osoby. Kontakt z psem podobnie będzie działał w przypadku osób z depresją, stanem pourazowym, zespołem stresu poporodowego. Jedną z głównych zalet będzie zwiększenie chęci do życia i lepsze nastawienie do trudnych sytuacji, próba podjęcia walki z chorobą.

Pies w terapii osób dorosłych może znacząco zredukować stres, który obecnie jest jednym z poważniejszych problemów i przyczyną wielu chorób psychosomatycznych i autoimmunologicznych, także źle wpływa na kondycję psychiczną (Nawrocka-Rohnka 2011: 147-152).

Podstawy behawioru psa

W szkoleniu psa ważny jest system nagród. Szkolenie powinno być pozytywne. Każde dobrze wykonane przez psa polecenie powinno być nagradzanie. Nagrodą mogą być smaczki (jedzenie), zabawa z opiekunem, możliwość zabawy zabawką (piłka, sznurek). Dogoterapeuta powinien też znać podstawy behawioryzmu psów, czyli ich psychologii. Behawioryzm to kierunek psychologiczny, który swoje początki miał w XX wieku. Opiera się na badaniach przyrodniczych, ma na celu poznanie ludzkiej lub zwierzęcej psychiki. Behawioryzm psów to dziedzina zajmująca się psychologią psów. Dokładne poznanie ich psychiki, pozwala na rozwiązywanie ich problemów, eliminację zachowań niepożądanych poprzez znalezienie źródła problemu. Ten kierunek psychologiczny przyjmuje założenie, że zwierzęta działają wg stosunkowo prostych zasad opierających się na stałych, odruchowych lub wyuczonych reakcjach na bodźce. W ramach behawioryzmu rozwinęły się dwa podstawowe paradygmaty wykorzystywane w pracy ze zwierzętami: warunkowanie klasyczne (pawłowowskie) i warunkowanie instrumentalne wykorzystywane przy pracy ze zwierzęciem. Behawiorysta pracuje bezpośrednio ze zwierzęciem, skupiając się na jego reakcjach. Teoria behawioryzmu przydatna jest w szkoleniu psa, przygotowaniu go do pracy jako psa terapeutycznego, wprowadzaniu

nowych metod tresury (np. przy użyciu klikera) i umiejętnym wykorzystaniu tych już sprawdzonych (Kondrasiuk).

Metoda klikerowa to dobrze sprawdzającą się metoda pozytywnego szkolenia psa. Kliker jest narzędziem treningowym, wydającym charakterystyczny dźwięk – klik. Klik jest sygnałem, który w założeniu ma zastępować pochwałę słowną, np. „super”. W porównaniu do mowy ludzkiej ma wiele zalet, np. szybkość reakcji, jest precyzyjny (łatwiej zaznaczyć dokładny pożądaný moment), nie przypomina żadnego innego dźwięku z otoczenia, zawsze brzmi tak samo. Metoda klikerowa jest metodą pozytywną, nieinwazyjną, pies jest autorem pożądaných zachowań. Metoda wykorzystuje pozytywne wzmocnienie pożądaných reakcji psa. Czynnikiem wzmacniającym jest nagroda w postaci smakołyku. Dzięki szkoleniu psa terapeutycznego za pomocą klikera można osiągnąć szybsze i lepsze rezultaty¹.

Psia mowa – czyli sygnały uspokajające, które każdy powinien znać

Sygnały uspokajające, inaczej przerywające to grupa zachowań psów, stosowana przez czworonogi w celu uspokojenia, zlikwidowania stresu, złagodzenia nerwowej atmosfery, unikania konfliktów, problemów i niebezpieczeństw. Do sygnałów uspokajających należy:

- ziewanie – rozluźnia atmosferę,
- oblizywanie się – okazywanie uległości,
- odwracanie głowy,
- odwracanie się,
- stawanie bokiem do potencjalnego zagrożenia,
- siadanie,
- podnoszenie łapy,
- kładzenie się,
- kłanianie się – zachęta do zabawy,
- bezruch,
- podchodzenie po łuku (Rugaas 2009),
- otrzepywanie się,
- drapanie się.

Pies będzie przejawiał takie zachowania w celu zakomunikowania swojemu właścicielowi, że nie czuje się komfortowo w danej sytuacji. Próbując w ten sposób poprosić opiekuna, żeby zmienił sposób zachowania innych osób lub zwierząt, dać mu trochę przestrzeni. Dlatego szczególnie ważne jest, aby każdy dogoterapeuta posiadał perfekcyjną znajomość mowy ciała psa i sygnałów uspokajających, umiejętnie je odróżniał i w porę reagował.

W terapii z psem terapeuta nie powinien pozwalać na takie zachowania jak:

- obejmowanie psa,
- podchodzenie do niego na wprost,
- wyciąganie do niego ręki z góry,

¹ Skrypt do szkolenia psa metodą klikerową. Opracowany przez DOGFIELD 2009.

- pochylanie się nad psem,
- osaczanie psa w większym gronie,
- robienie dużego hałasu,
- szarpanie, szczypanie, bicie, klepanie.

Wybór i przygotowanie psa

Nie ma wyznaczonych konkretnych ras odnajdujących się w pracy terapeutycznej. Zaleca się psy inteligentne, spokojne, bardzo tolerancyjne, wesołe, inicjujące kontakt, akceptujące dotyk innych osób, odporne na ból, towarzyskie, ufnie, otwarte, chętne do współpracy, nie wykazujące dominacji, ani agresji. Dlatego w szczególności zalecane są psy wchodzące w skład VIII grupy FCI (Międzynarodowa Federacja Kynologiczna) (Kokocińska i in. 2017). Najlepiej będą odnajdywały się w tej roli psy z 1 sekcji grupy VIII FCI (psy aportujące), w drugiej kolejności odpowiednie będą psy z 3 sekcji (psy dowodne), a następnie psy z 2 sekcji (płochacze).

- 1 sekcja grupy VIII FCI – psy aportujące (Retriever z Nowej Szkocji, Chesapeake Bay Retriever, Curly Coated Retriever, Flat Coated Retriever, Golden Retriever, Labrador Retriever),
- 2 sekcja grupy VIII FCI – płochacze (Clumber Spaniel, Nederlandse Kooikerhondje, Płochacz niemiecki, Field Spaniel, Springer spaniel angielski, Springer spaniel walijski, Sussex Spaniel),
- 3 sekcja grupy VIII FCI – psy dowodne (Amerykański spaniel dowodny, Barbet, Fryzyjski pies dowodny, Hiszpański pies dowodny, Irlandzki spaniel dowodny, Portugalski pies dowodny, Romański pies dowodny).

Wykorzystywane są także psy z innych grup wyznaczonych przez FCI. Często spotykane w dogoterapii są:

- nowofundland,
- alaskan malamute,
- syberian husky,
- samojed,
- cavalier king charles spaniel,
- pudel.

Należy nadmienić, że też kundelki mogą zostać psami terapeutycznymi, lecz jest to rzadko spotykane, ponieważ nie znając rodowodu psa, ciężko określić jego charakter, typowe zachowania rasowe, mocne i słabe strony.

Do kynoterapii nie powinny być wykorzystywane psy z grup, których pierwotna użyteczność wymagała zachowań agresywnych:

- psy obronne i stóżujące (Alano Espanol, American Pit Bull Terrier, Amstaf, Bokser, Buldog amerykański, Buldog angielski, Bulmastif, Bulterier, Czarny terrier rosyjski, Doberman, Dog argentyński, Dog kanaryjski, Dog niemiecki, Fila brasileiro, Mastif angielski, Mastif neapolitański, Pies z Majorki, Rottweiler, Staffordshire Bull Terrier, Sznaucer olbrzymi, Tosa Inu).
- psy bojowe (przede wszystkim pochodzące od wilka tybetańskiego, którego potomkiem jest jeden z największych psów – dog tybetański).

Po wybraniu odpowiadającej terapii rasy i hodowli, należy rozpocząć socjalizację i pozytywne szkolenie psa, który ma brać w przyszłości udział w terapii. Najlepiej jest, gdy już od dnia urodzenia psa, hodowca zajmuje się pełną socjalizacją szceniąt (zapoznanie ich z wszystkimi możliwymi bodźcami, które mogą napotkać w dorosłym życiu). Po odebraniu szczeniaka z hodowli, przyjęciu 2 pierwszych dawek szczepionek oraz kontrolnej wizycie u weterynarza, pies powinien zostać zapisany na zajęcia socjalizacyjne dla szceniąt (2,5-5 ms.), a następnie na kurs podstawowego posłuszeństwa (w wieku ok. 6-7 ms.). Po jego ukończeniu można przystąpić do kolejnego, bardziej zaawansowanego, kursu posłuszeństwa już w wieku młodzieńczym lub dorosłym psa. Tak przygotowany zsocjalizowany pies, znający podstawy posłuszeństwa, może rozpocząć pracę nad tym, aby zostać pomocą terapeuty.

Pies terapeuta

Koszt kursu dogoterapii w Polsce wynosi ok. 1000-2500 zł. Kursy obejmują część teorii z wiedzy anatomicznej, fizjoterapeutycznej, psychologicznej, medycznej, weterynaryjnej, psychologii zwierząt, ras psów, itp. Pierwsza część – praktyczna, w której uczestniczy się wraz ze swoim psem, polega na sprawdzeniu, czy pies może brać udział w dogoterapii (musi on być rasy psów nieuznawanej za agresywne, mieć skończone min. pół roku i znać podstawy posłuszeństwa – polecenia: siad, waruj, noga, równaj, zostań, do mnie, nie rusz. Nie może wykazywać zachowań agresywnych, być zbyt impulsywny, powinien lubić kontakt z ludźmi. Jeżeli spełni te warunki i prowadzący uzna, że nie przejawia żadnych zachowań niepożądanych w części, praktycznej przygotowuje psa do zajęć. Następnie opiekun poddany jest 2 egzaminom z obu części teoretycznej i praktycznej (w części praktycznej bierze udział opiekun i pies). Po 2 latach od egzaminu, w trakcie których była prowadzona praktyka zawodowa (praca) z psem, pies może uzyskać certyfikat psa terapeuty.

Formy dogoterapii

Europejskie stowarzyszenie ADEu (Assistance Dogs Europe) wyznacza standardy pracy z psami na terenie krajów Europy. Rozszerzyła ona podział form terapii z psem pierwotnie opisany przez organizację Pet Partners o Animal assisted education.

1. Animal assisted activities (AAA) – terapia poprawiająca codzienne funkcjonowanie i jakość życia. Prowadzona jest grupowo. Umożliwia zrelaksowanie, motywuje do działania i edukuje. Terapia, ani czas jej trwania nie są planowane, wszystko przebiega spontanicznie. Dogoterapeuta nie musi prowadzić dokumentacji z zajęć. Terapia jest prowadzona w formie zabawy.
2. Animal assisted therapy (AAT) – terapia prowadzona jest grupowo, indywidualnie lub naprzemiennie. Cele terapeutyczne są zaplanowane, terapia ma ściśle sprecyzowane zadania. Terapeuta musi prowadzić stosowną dokumentację po każdym zajęciu, dzięki czemu można obserwować postępy u pacjentów. Wpływa pozytywnie na funkcje poznawcze, emocjonalne, społeczne, może poprawić funkcje chodu, prawidłową postawę.
3. Animal assisted education (AAE) – terapia jest celowa i zaplanowana jest integralną częścią całego procesu leczenia. Musi być prowadzona przez wykwalifi-

fikowaną osobę, mającą doświadczenie i wiedzę odnośnie danej grupy pacjentów, z którymi organizuje dogoterapię. Terapia ta jest odpowiednia dla ludzi w każdym wieku. Może być prowadzona grupowo lub indywidualnie.

Polskie Towarzystwo Kynoterapeutyczne zaproponowało jeszcze inną „polską” terminologię form terapii. Wyróżnili oni 3 formy terapii:

1. Spotkanie z psem (SP) – terapia nie wymaga prowadzenia dokumentacji i nie musi być planowana. Celem terapii jest oswojenie uczestników z kontaktem z psem, poprawa nastroju, zwiększenie otwartości na nowe doznania i poprawa pewności siebie. Często ma formę zabawy. Uczestnicy terapii stopniowo przyzwyczajają się do przebywania w pomieszczeniu z psem, potem nawiązują z nim kontakt, głaszczą, podają jedzenie, wydają komendy, np. siad, leżeć.
2. Edukacja z psem (EP) – zajęcia prowadzone są grupowo, bądź indywidualnie. Powinna być prowadzona dokumentacja. Scenariusz zajęć jest planowany, a cele terapeutyczne są wyznaczane wcześniej. Głównym zadaniem terapii jest poprawa przyswajania informacji i pomoc w nauce u dzieci.
3. Terapia z psem (TP) – zajęcia indywidualne lub w bardzo małych grupach (do 3 osób). Charakteryzują się indywidualnym podejściem do każdego uczestnika. Cały proces terapii jest pod kontrolom lekarza prowadzącego cały proces leczenia. Każdy uczestnik ma prowadzoną własną dokumentację. Wyniki i wpływ terapii jest pod stałą kontrolą (https://pl.wikipedia.org/wiki/Terapia_z_udzia%C5%82em_psa).

Przebieg zajęć dogoterapii jest zależny od tego czy są prowadzone w formie indywidualnej, czy grupowej, jaki jest przedział wiekowy uczestników, jaki jest to typ zajęć (AAA, AAT, AAE), w przypadku AAT i AAE jaki jest wyznaczony cel terapii.

Podsumowanie

Dogoterapia jest skuteczną, lecz nadal niedocenianą w Polsce metodą rehabilitacji. Korzyści z udziału w terapii z psem dla osób dorosłych, niepełnosprawnych i starszych to między innymi poprawa zdrowia psychicznego, wzrost poczucia zadowolenia, poprawa interakcji w grupie, niwelowanie lęków, wspomaganie leczenia depresji, stresu pourazowego, zespołu stresu poporodowego i ograniczanie poczucia osamotnienia. Wiele korzyści daje prowadzenie dogoterapii u dzieci: wspomaganie rozwoju, rozwijanie równowagi, rozwijanie funkcji motorycznych, poprawa umiejętności nauki, czytania i pisania, wzbogacenie słownictwa, poprawa formy wypowiedzi, poprawa koncentracji, większa otwartość i pewność siebie, ułatwienie nawiązywania kontaktów, zwiększanie świadomości w schemacie własnego ciała i orientacji przestrzennej, nauka relaksacji w towarzystwie psa terapeutycznego, łagodzenie fobii, zmniejsza uczucie izolacji i uczucia samotności, rozwijanie umiejętności okazywania emocji, rozwijanie werbalnego porozumiewania się członków grupy.

Bibliografia

Adamowicz S., *Terapia z udziałem psa*, https://pl.wikipedia.org/wiki/Terapia_z_udzia%C5%82em_psa (dostęp: 25.04.2018).

- Boguszewski D., Świdarska B., Adamczyk J. G., Białoszewski D., 2013, *Ocena skuteczności dogoterapii w rehabilitacji dzieci z zespołem Downa. Doniesienie wstępne*, Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie, Rzeszów, 2, s. 194-202.
- Jagielski D., Jagielska A., Pyszora A., 2014, *Dogoterapia – historia, założenia, cele. Propozycja zastosowania w opiece paliatywnej*, Medycyna Paliatywna w Praktyce, tom 8, nr 4, s. 163-167.
- Karbowniczek J., Mielczarek J., 2007, *Dogoterapia jako naturalna metoda wspomagania, leczenia i rehabilitacji dzieci o specjalnych potrzebach edukacyjnych*, Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce: kwartalnik dla nauczycieli nr 2, s. 37-45.
- Kokocińska A. M., Kaleta T., Lewczuk D., 2017, *Zooterapia z elementami etologii*, Oficyna Wydawnicza Impuls, Wyd. II., Kraków.
- Kondrasiuk A., Zoopsycholog.com, <http://zoopsycholog.com/nasze-zwierzeta-i-mybeha-wiorysta-czy-zoopsycholo-kto-pomoze-gdy-jest-problem-z-zachowaniem-psa-lub-kota> (dostęp: 07.05.2018).
- Kulisiewicz B., 2007, *Witaj piesku! Dogoterapia we wspomaganiu rozwoju dzieci o specjalnych potrzebach edukacyjnych*, Kraków.
- Nawrocka-Rohnka J., 2011, *Wpływ kontaktu z psem na organizm człowieka – przegląd literatury*, Nowiny Lekarskie, 80, 2, s. 147-152.
- Rugaas T., 2009, *Sygnaty uspokajające. Jak psy unikają konfliktów*.
- Sipowicz K., Najbert E., Pietras T., 2016, *Dogoterapia*, Warszawa.
- Skrypt do szkolenia psa metodą klikerową*, Opracowany przez DOGFIELD 2009, <http://www.dogfield.pl/images/stories/linki/skrypt-klikerowy.pdf> (dostęp: 06.05.2018)
- Związek Zooterapeutów i Przewodników Zwierząt Pracujących, <http://www.zooterapia.org.pl/o-zwiazku/> (dostęp: 07.05.2018).



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

ADAM KASPEROWICZ

Student III roku informatyki, studia I stopnia

Studenckie Koło Naukowe: Exxor

Politechnika Warszawska

Student of the 3rd year of Computer Science, 1st grade studies

Exxor Student Scientific Research Club

Warsaw University of Technology

Revolucja przemysłowa, do trzech razy sztuka Industrial Revolution, Third Time's a Charm

Summary: The paper aims to show the accelerating pace of technological changes, to highlight new, non-technical problems caused by these changes, and also to reflect upon the nature of the industrial revolution that will affect us in the future.

The first part of the paper compares historical industrial revolutions. In addition, the relations between the various revolutions are highlighted.

Then, considering the problems, which these discoveries cause or solve, the newest accomplishments of science are categorised.

The paper concludes with a reflection on how we can change the notion of technological progress which is currently taking place right in front of us.

Key words: Technological progress, personal data protection, social inequalities, genetic modifications, artificial intelligence.

Ciąg rewolucji i ich skutki

Pojęcie rewolucji przemysłowej zostało w niniejszym referacie zapożyczony z pracy Klausa Schwaba (Schwab 2016: 13) i rozumie się przez nie „nagłą i radykalną zmianę w systemach ekonomicznych i strukturach społecznych, spowodowaną odkryciem nowej technologii lub niespotykanego wcześniej spojrzenia na świat”. Jak dotąd, zdefiniowano cztery różne rewolucje przemysłowe; są to po kolei:

- pierwsza – obejmująca lata od 1760 do 1830. Zaistniała głównie w Anglii i była spowodowana wprowadzeniem maszyn do przemysłów tekstyliów czy stali. Na ten okres przypada również wprowadzenie maszyn parowych (*Britannica*, 2018);

- druga – trwająca od roku 1870 do roku 1914. Była poprzedzona kolejnym dużym skokiem technologicznym, a w szczególności poznaniem zasad elektromagnetyzmu – to poskutkowało powstaniem oświetlenia elektrycznego czy radia. Ważnym było również powstanie pierwszych silników spalinowych, a tym samym całej branży motoryzacyjnej (*Britannica*, 2018);
- trzecia (cyfrowa) – rozpoczęta w latach siedemdziesiątych poprzedniego wieku i trwająca do czasów obecnych. Zapoczątkowana w dużej mierze przez wynalezienie tranzystora, który dał szansę powstania komputerom osobistym oraz internetowi (*Digital Revolution*, 2018);
- czwarta – oficjalnie zdefiniowana przez Schwaba (Schwab 2016). Pojawia się jak dotąd tylko w pewnych branżach przemysłu. Ma polegać na masowym wysypie nowych technologii, które jeszcze niedawno traktowane były jako czyste *science-fiction*. Będą to na przykład szybkie sekwencjonowanie genów, powszechnie zastosowanie nanotechnologii czy blockchain’u, a nawet komputery kwantowe.

Zjawisko rewolucji przemysłowej zostało już dokładnie zbadane przez wielu badaczy (Toffler 1970; Bell 1973; Castells; McLuhan 1989). Zauważono, że każdy z wyżej wymienionych przypadków skutkowało licznymi problemami, na przykład bezrobociem strukturalnym, uciskiem klasy robotniczej, znacznym pogorszeniem stanu środowiska naturalnego, chorobami cywilizacyjnymi czy zagrożeniem wojną nuklearną. Jednakże, upływ czasu, wysiłki wielu narodów i różne zdarzenia historyczne pozwoliły ludzkości pokroić te zagrożenia do tego stopnia, by móc je nazywać „opanowanymi”.

Patrząc na rozkład czasowy rewolucji zauważyć można, że na terazniejszość przypada przełom trzeciego i czwartego skoku technologicznego. Oznacza to, że w niedalekiej przyszłości ludzkość może być świadkiem eskalacji niespotykanych nigdy wcześniej zagrożeń, spowodowanych wdrożeniem nowych technologii. W następnych rozdziałach przedstawione zostaną niektóre z problemów stwarzanych przez najnowsze technologie. Będą to kwestie ochrony danych osobowych, nierówności społecznych, modyfikacji genetycznych, wzrostu znaczenia sztucznej inteligencji i uzależniających form rozrywek. Chociaż innowacyjne rozwiązania, będące przyczyną wyżej wymienionych kwestii, dopiero powoli wychodzą z fazy eksperymentalnej, już teraz ingerują w życie każdego człowieka lub dają oznaki tego, jak będą kreować przyszłą rzeczywistość.

Koniec prywatności i prywatność absolutna

Od paru lat zauważyć można wzrost zainteresowania bezpieczeństwem danych osobowych. Osiągnięcia kryptografii, takie jak szyfrowanie symetryczne, asymetryczne czy bezpieczne funkcje haszujące przestały być wykorzystywane wyłącznie przez banki lub jednostki wojskowe, ale zaczęły być standardem każdej strony internetowej chociaż trochę dbającej o bezpieczeństwo swoich użytkowników.

Powszechność i relatywna łatwość użytkowania technik kryptograficznych jest jednak mieczem obosiecznym. Z podobną swobodą możliwe jest zachowanie konfidencjonalności dla praworządnego obywatela, jak i dla nikczemnego terrorysty. Argument ten zaś jest często wykorzystywany przez służby bezpieczeństwa, które pod osłoną dobrej wiary bezpieczeństwa narodu przekraczają granicę orwellowskiego świata pełnej kontroli.

Na przestrzeni lat 2015-2016 firma Apple była nieustannie atakowana przez amerykańskie organy prawa. Przyczyną był zamach w San Bernardino (CNN 2018). Jeden z zamachowców posiadał iPhone'a 5C. Urządzenie to miało wbudowany najnowszy system, który rzekomo uniemożliwiał FBI złamanie zabezpieczeń i uzyskanie informacji, z kim komunikował się zamachowiec. Według wyroku sądu, Apple miało zainstalować w swoich produktach tzw. backdoor¹, który umożliwiłby dostęp do danych dla wybranych organizacji. Apple sprzeciwiło się wyrokowi sądu i nie zmieniło swojego oprogramowania uważając, że jest to zbyt duże naruszenie praw ich klientów. Cała afery nabiera szczególnie antypaństwowego charakteru, po uwzględnieniu faktu, że FBI wydało ponad dziewięćset tysięcy dolarów na złamanie zabezpieczeń urządzenia (Gizmodo 2018), chociaż fanom Apple udało się to osiągnąć za trzysta dolarów (*Cult of Mac*, 2018).

Relacje między podsłuchiwanym a podsłuchującym mogą się dramatycznie zmienić w najbliższych latach, wraz z wprowadzeniem komputerów kwantowych. To maszyny charakteryzujące się dokonywaniem obliczeń w zupełnie inny sposób niż znane nam komputery klasyczne. Są one w stanie pokonać niektóre z obecnie stosowanych algorytmów szyfrujących. Na przykład opracowany już w roku 1994 algorytm Shora (Shor 1995) jest w stanie złamać szyfrowanie asymetryczne RSA. Szyfrowanie to jest obecnie powszechnie stosowane w celu zachowania bezpieczeństwa naszych danych wykorzystywanych podczas komunikacji ze stronami internetowymi. Jednak z drugiej strony zasady mechaniki kwantowej mogą nam pozwolić na stworzenie idealnych algorytmów kryptografii, których bezpieczeństwo będzie gwarantowane przez same zasady fizyki (Padamvathi, Vardhan i Krishna 2016).

Jest kwestią sporną, jak będzie wyglądać nasza prywatność w przyszłości. Czy państwo zdobędzie nad swoimi obywatelami nieograniczoną moc inwigilacji, instalując wszędzie swoje czujki? Czy może to obywatel będzie jednostką najbardziej bezpieczną, mogącą wykorzystać osiągnięcia stuleci nauki jednym przyciskiem myszki? W jakim stopniu zostanie to wykorzystane przez jednostki niebezpieczne?

Nierówności społeczne i nieograniczone szanse

Jednym z wielu darów i przekleństw, jakie przyniosła ludzkości w ostatnim stuleciu technologia, była globalizacja. Podnosząc poziom konkurencji rynkowej do poziomu międzynarodowego, dała szansę jednym, a pogrążyła innych. Dała ona także początek ogromnym korporacjom sięgającym we wszystkie zakątki świata i obracającym znaczną częścią światowego zasobu pieniądza. Kapitalizacja rynkowa samego Apple sięga prawie dziewięćset miliardów dolarów. Tymczasem kapitalizacja wszystkich spółek na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie wynosi trochę więcej niż czterysta miliardów dolarów. Ta astronomiczna wycena amerykańskiej spółki jest ewenementem nie tylko w porównaniu z polską gospodarką, ale nawet w porównaniu z większością spółek z całego świata. Oczywiście, kapitalizacja rynkowa jest bardzo często poddawana przecenie lub niedocenie i nie można jej stosować jako wyznacznika rozmieszczenia kapitału na świecie, ale na potrzeby tego referatu możliwe jest uznanie tego wskaźnika za dobrą metodę zobrazowania proporcji panujących na światowych giełdach.

¹ Pol. „tylna furka”, luka w zabezpieczeniach systemu komputerowego utworzona umyślnie w celu późniejszego wykorzystania.

Ogromne korporacje wskazywane są jako jedna z głównych przyczyn nierówności społecznych panujących na świecie. W samych Stanach Zjednoczonych jest to wyraźnie uwypuklane przez takie ruchy jak Occupy (*OccupyWallStreet*, 2018), które walczą przeciwko „1%” populacji Stanów będącego w posiadaniu „99%” całego amerykańskiego kapitału.

Z drugiej strony warto zauważyć, że trzecia rewolucja przemysłowa wprowadziła nas w Erę Informacji. Oznacza to, że najważniejszym zasobem nie jest już ani ziemia, ani praca, ani kapitał, lecz właśnie informacja. Osoba, która w 2011 roku posiadałaby informacje o tym, jaki potencjał skrywają kryptowaluty i kupiła ich dużą ilość za jedyne sto dolarów, kilka lat później byłaby milionerem. Oczywiście tego typu historie są znane od czasów pierwszych baniek rynkowych. Różnicą jest jednak to, że kryptowaluty nie są dostępne wyłącznie dla uprawnionych do tego obywateli wybranych krajów, ale dla każdej osoby posiadającej jakiegokolwiek połączenie z internetem. Czy w takim razie nie jest prawdą, że jedyne co dzieli najbiedniejszą osobę w najdalszym zakątku Afryki od życia w nowojorskim apartamentowcu jest dobry „kryptowalutowy cynk”?

Lek na wszystko i nieuleczalna choroba

Tak jak komputery kwantowe zmieniają sposób dokonywania obliczeń, a technologia blockchain odświeża świat finansów, tak CRISPR może dać ludzkości szansę wprowadzić edycję genów do codzienności. CRISPR (Ledford 2018) jest to technika pozwalająca na cięcie i sklejanie genów niczym klatek filmowych w sposób precyzyjny, tani i jak nigdy dotąd szybki. Istnieje dużo przykładów udanych prób użycia tej techniki (*futurism*, 2018). Jednak najbardziej fascynujące zdają się możliwości jakie oferuje nam CRISPR. Według oczekiwań w pełni użyta technologia pozwoliłaby w całości modyfikować ludzkie DNA. To oznaczałoby na przykład możliwość uodpornienia organizmu na najcięższe z chorób. Z pewnością złagodziłoby to kryzys odporności na antybiotyki, który niedługo może stać się bardzo poważnym problemem (*The Review on Antimicrobial Resistance*, 2018).

Jednakże, największą uwagę skupia inne możliwe zastosowanie tej innowacji. Modyfikacja genów mogłaby być również dokonana na ludzkich embrionach. Dałoby to szansę ukształtowania wszystkich charakterystyk danej osoby jeszcze przed jej narodzeniem. Każde dziecko mogłoby sztucznie zostać przedstawicielem najsilniejszych, najinteligentniejszych, najprzystojniejszych i najwspanialszych osobników rasy ludzkiej. Czy ludzkość jest na to gotowa? Czy to na pewno zapewni dobrobyt całej cywilizacji?

Kwestia badań i zastosowania CRISPR'u musi zostać rozstrzygnięta jak najszybciej. Jest to powszechnie znana metoda w świecie bioinżynierii, której, pracownicy naukowi generalnie nie mają planów wykorzystać w złej wierze. Jednak nietrudno jest sobie wyobrazić scenariusz, w którym świat zachodni hamowany zasadami etyki nie będzie chciał powszechnie stosować tej technologii, a tymczasem kraje podobne do Chin, ze względu na swoją odmienną kulturę, będą gotowe wprowadzić programy ulepszania dzieci w skali masowej i obowiązkowej. Pewnego dnia świat mógłby stać się miejscem, w którym wyższość jednej rasy nie jest wymysłem psychopatów, ale faktem dokonany.

Wartym wspomnienia jest również wpływ innych technologii na ogólny rozwój medycyny. Wykorzystanie technik maszyn uczących pozwala doskonalić wiele procesów medycznych takich jak diagnozowanie, analiza skanów czy odkrywanie nowych leków

(*techemergence*, 2018). W komputerach kwantowych pokładana jest zaś nadzieja, że pozwolą one przyspieszyć wiele procesów związanych z odkrywaniem nowych leków czy badaniem protein (Parsons 2011).

Mądry komputer i głupi człowiek

Na lata 2011 i 2012 przypadają pierwsze zwycięstwa głębokich konwolucyjnych sieci neuronowych (Ujjwalkarn 2018), wykorzystujących karty graficzne w zawodach rozpoznawania obrazów (Schmidhube, Jürgen 2018). Zaskakujące nie było jednak to, że te zaawansowane technicznie programy pokonały inne zaawansowane technicznie programy. Zaskakujące było to, że komputer wykorzystujący tę technologię był w stanie osiągnąć lepsze wyniki od człowieka. Różnica nie była duża, bo sięgająca maksymalnie czterech procent skuteczności. Jednakże, wiadomość, że maszyna potrafi wykonać zadanie kognitywne tak samo dobrze, a czasami nawet lepiej od człowieka, nie tracąc przy tym swojej charakterystycznej szybkości ani skalowalności, odbiła się na świecie szerokim echem. Nie trzeba było długo czekać na dalszy rozwój wydarzeń. Andrew Ng, jedna z bardziej eminentnych postaci w świecie badań nad sieciami neuronowymi, oświadczył w październiku 2016 roku, że prawie każda czynność jaką człowiek może wykonać w mniej niż jedną sekundę może zostać poddana procesowi automatyzacji (Twitter 2018).

Raport przygotowany przez firmę konsultingową McKinsey (McKinsey 2017) informuje, że gdyby wykorzystana została cała dostępna obecnie technologia, to możliwe byłoby zautomatyzowanie ponad połowy wszystkich zadań wykonywanych w pracy. Trzeba zauważyć, że mowa jest jedynie o zadaniach wykonywanych w pracy, a nie o całej pracy. Wiąże się to z kwestią często pomijaną przy prognozach mówiących o robotach inteligentniejszych od ludzi za pięćdziesiąt lat. Należy pamiętać, że wszystkie obecnie stosowane technologie, którym przypinamy etykietę sztucznej inteligencji, są tylko i wyłącznie zautomatyzowaną statystyką. Warto zauważyć, że rozum człowieka składa się z inteligencji oraz wiedzy. Wszystkie wychwalane technologie sięgają obecnie tylko do sfery wiedzy, zaś nie potrafią dokonać niczego przypominającego ludzkie rozumowanie, kreatywność czy umiejętność rozwiązywania problemów.

Z drugiej strony jednak pojawiają się głosy nazywające sztuczną inteligencję „wszystkim, co nie zostało dotąd dokonane” – ten cytaty należy akurat do Douglasa Hofstadtera. Wyznawcy tego twierdzenia nawiązują do faktu, że czynności wcześniej uznawane za zadania bez wątplenia kognitywne, po ich zautomatyzowaniu tracą poprzedni tytuł i stają się mechanicznymi banałami. Sytuacja ta jest widoczna na przykładzie oprogramowania Optical Character Recognition, które pozwala zamienić tekst zapisany w postaci obrazu na tekst w postaci np. dokumentu Word. Ta technologia, będąca kiedyś głównym wyzwaniem świata sztucznej inteligencji, jest teraz powszechnie stosowana i możliwa do instalacji na każdym typowym smartphonie.

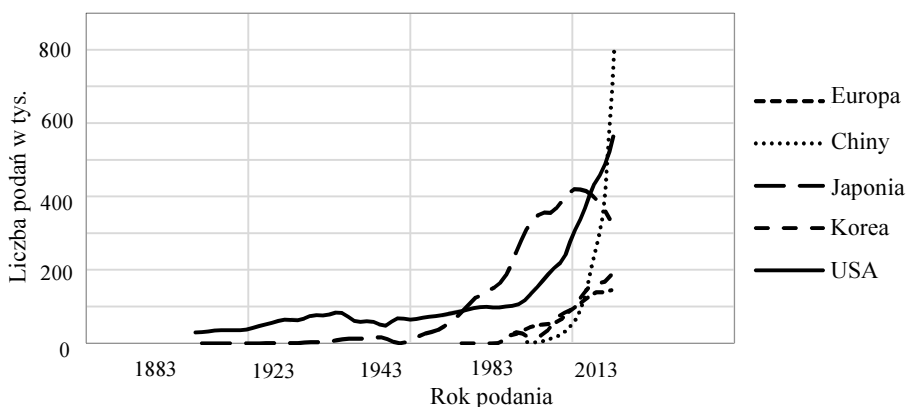
Społeczno-ekonomiczne skutki wdrożenia sztucznej inteligencji wciąż pozostają niewiadomą, a przez to stanowią inspirację dla badaczy, pisarzy czy polityków. Postęp można jednak zauważyć w zmianie pytań stawianych tematyce sztucznej inteligencji. Ludzkość już dawno zmieniła swoje podejście z pytającego „Czy to jest możliwe?” do „Jak bardzo to na nas wpłynie?”.

Maksimum zabawy i nowe szczyty

Gdyby sporządzić listę najbardziej futurystycznych urządzeń w czołówce na pewno znalazłyby się okulary do wirtualnej rzeczywistości (Virtual Reality) i rozszerzonej rzeczywistości (Augmented Reality). Obecnie urządzenia tego typu są dopiero adaptowane do użytku masowego, zaś rozrywka czerpana z filmów lub gier w świecie wirtualnym z powodu problemów technicznych może dostarczyć więcej problemów niż zabawy. Nie jest jednak nierozsądną prognoza mówiąca o tym, że w przeciągu paru lat nasza cywilizacja stanie się świadkiem technologii, która w odcinaniu od rzeczywistości pozostawi w tyle nawet najbardziej uzależniające gry komputerowe. Czy ludzkość jest gotowa na ten poziom rozrywki?

Szóstego lutego 2018 roku odbyła się udana misja rakiety Falcon Heavy (*SpaceX*, 2018). Na orbitę ziemi wyniesiony został samochód Tesli, dając każdemu szansę obejrzenia surrealistycznego nadania na żywo samochodu podróżującego przez przestrzeń kosmiczną na Youtube. Dodatkowo, dwa z trzech napędów automatycznie wróciły na Ziemię i są gotowe do dalszego użytkowania. Fakt odzyskania napędów jest porównywalny do wystrojenia Sputnika czy lądowania na księżycu. Po raz pierwszy odzyskana została duża część rakiety a tym samym oszczędzone zostały miliony dolarów. Osiągnięcie to porównać można do stworzenia pierwszej maszyny do tkania wełny, która swoją szybkością pozwoliła zaoszczędzić masowe koszty produkcji. Czy efekt tych dwóch wydarzeń będzie podobny?

Nowa definicja rewolucji



Rysunek 1. Liczba podań patentowych w pięciu największych biurach patentowych na świecie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z World Intellectual Property Organization.

Na Rys. 1. widać liczbę aplikacji patentowych w pięciu największych krajach pod względem aplikacji patentowych, na przestrzeni lat 1883-2013. Wykres pochodzi ze Światowej Organizacji Własności Intelektualnej (*World Intellectual Property Organization*, 2018).

Dane dla różnych państw charakteryzują się inną zmiennością przebiegu funkcji, lecz można zauważyć, że suma tych pięciu wykresów przypominałaby funkcję wykładniczą. Taka zależność oznaczałaby, że świat mógłby utworzyć więcej patentów w ciągu następnej dekady niż przez cały ostatni wiek.

Za tą obserwacją podążają następujące wnioski. Przełomowe wynalazki, które odmieniają w całości pewną dziedzinę życia, mogłyby pojawiać się nie co dekadę, lecz co pół roku. Życie każdego człowieka musiałoby nabrać zupełnie innego rytmu i przyjąć za stały element życia ciągłe zmiany stylu życia, miejsca pracy czy relacji międzyludzkich. Chociaż brzmi to jak typowy materiał *science-fiction*, zauważyć można, że większość z obecnie implementowanych wynalazków, także było traktowane jako *science-fiction* jeszcze kilkadziesiąt lat temu.

Nawiązując do tytułu tej pracy, możliwe jest, że trzecia rewolucja przemysłowa była tak naprawdę ostatnią. Epoka, w który wkraczamy, może być okresem, w którym wynalaki są tak częste, że zaciera się ich rewolucyjny charakter.

Kolejną kwestią jest to, jak ludzkość poradzi sobie z coraz większą liczbą problemów kreowanych przez wynalazki. W poprzednich rozdziałach zobaczyć można było, że każde dzieło innowacji niesie ze sobą zarówno szanse jak i zagrożenia. Co stanie się, gdy tych zagrożeń będzie więcej niż społeczeństwo może znieść? Czy ludzkości grozi zagłada poprzez pójście za daleko? A może przekroczona zostanie masa krytyczna i wszystkie problemy prysną, zaś ludzkość wejdzie w erę prawdziwego oświecenia?

Bibliografia

- Bell D., 1973, *The Coming of Post-Industrial Society*.
Britannica, <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution> (dostęp: 28.02.2018).
Castells M. (brak daty). *The Information Age: Economy, Society and Culture*.
CNN, <https://edition.cnn.com/2015/12/02/us/san-bernardino-shooting/index.html> (dostęp: 28.02.2018).
Cult of Mac, <https://www.cultofmac.com/412870/how-apple-could-hack-terrorists-iphone-for-fbi-if-it-wanted-to/> (dostęp: 28.02.2018).
Digital Revolution, <https://web.archive.org/web/20081007132355/http://history.sandiego.edu/gen/recording/digital.html> (dostęp: 28.02.2018).
Futurism, <https://futurism.com/11-incredible-things-crispr-has-helped-us-achieve-in-2017/> (dostęp: 28.02.2018).
Gizmodo, <https://gizmodo.com/the-fbi-paid-900-000-to-unlock-the-san-bernardino-kill-1795010203> (dostęp: 28.02.2018).
Harnessing automation for a future that works, McKinsey Global Institute, January 2017, <https://mckinsey.pl>
Ledford H., *CRISPR, the disruptor*, <https://www.nature.com/news/crispr-the-disruptor-1.17673> (dostęp: 28.02.2018).
McLuhan M., 1989, *The Global Village: Transformations in World Life and Media in the 21st Century*.

- OccupyWallStreet*, <http://occupywallst.org/> (dostęp: 28.02.2018).
- Padamvathi V., Vardhan B. V. i Krishna A., 2016, *Quantum Cryptography and Quantum Key Distribution Protocols: A Survey*, IEEE Xplore.
- Parsons D. F., 2011, *Possible Medical and Biomedical Uses of Quantum Computing*. An interdisciplinary journal of neuroscience and quantum physics, 1-5.
- Schmidhube, Jürgen*, <http://people.idsia.ch/~juergen/computer-vision-contests-won-by-gpu-cnns.html> (dostęp: 28.02.2018).
- Schwab K., 2016, *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva, World Economic Forum.
- Shor P. W., 1995, *Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer*, arXiv.
- SpaceX*, <http://www.spacex.com/falcon-heavy> (dostęp: 28.02.2018).
- Techemergence*, <https://www.techemergence.com/machine-learning-in-pharma-medicine/> (dostęp: 28.02.2018).
- The Review on Antimicrobial Resistance*, <https://amr-review.org/> (dostęp: 28.02.2018).
- Toffler A., (1970), *Future Shock*.
- Twitter*, <https://twitter.com/andrewyng/status/788548053745569792> (dostęp: 28.02.2018).
- Ujjwalkarn*, <https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitive-explanation-convnets/> (dostęp: 28.02.2018).
- World Intellectual Property Organization*, <http://www.wipo.int/portal/en/index.html> (dostęp: 28.02.2018).



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

AGNIESZKA KLESZCZ

Studentka I roku geografii, studia III stopnia
Studenckie Koło Naukowe Geografów
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 1st year of Geography, 3rd degree studies
Geography Students Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Regionalny bilans odnawialnych źródeł energii w Polsce **Regional Balance of Renewable Energy Sources in Poland**

Summary: The paper presents an analysis of the diversity of installed electric power produced by various renewable energy sources (RES) in particular voivodeships of Poland. A non-hierarchical K-means method was used to assess structural and spatial diversity. The share of renewable energy sources in the energy balance was shown and examples and the potential of using renewable energy sources in Polish conditions were provided. On the basis of the obtained data, the analysis of basic descriptive statistics of RES use in particular regions was carried out, illustrated with appropriate box-plot diagrams. These charts contain quantitative characteristics of RES use, depending on the number of installations and capacity, divided into 5 sources (biogas, biomass, solar energy, wind energy and hydropower). The regional structure of the country, depending on the installed RES capacity, was presented. A standardized spatial weights matrix was proposed to compare regions.

Key words: renewable energy sources, sustainable development, energy policy, regional development

Wstęp

Energia jest główną determinantą działalności gospodarczej i rozwoju. Z ekspertyzy wykonanej przez Międzynarodowy Instytut Stosowanych Analiz Systemowych (IIASA) wynika, że po 2020 roku będzie następować zmniejszenie udziału paliw konwencjonalnych: ropy naftowej, gazu ziemnego i węgla jako surowca energetycznego. Miejsce konwencjonalnych zasobów zajmować będą odnawialne źródła energii wyko-

rzystujące w procesie przetwarzania energię słoneczną występującą w rozmaitych postaciach, w szczególności promieniowania słonecznego, energii wiatru czy biomasy, a także energię kinetyczną płynącej wody i wewnętrzne ciepło Ziemi. Problemy środowiskowe związane ze zmianą klimatu i zanieczyszczeniem środowiska, a także obawy dotyczące bezpieczeństwa i dostaw energii będą stymulować ten sektor energetyczny (McCollum i in. 2018; EEA Report No 13/2017).

Według polskiego prawa energetycznego odnawialne źródła energii (OZE) wykorzystują jako źródło w procesie *przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także biogazu powstałego w procesie odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych* (Niedziółka 2012: 19, *Renewable energy statistics...* Eurostat).

Rozwój w wytwarzaniu energii z OZE wynika z konieczności ochrony środowiska oraz wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego. Celem działań w tym zakresie jest zwiększenie wytwarzania energii z OZE, wspieranie rozwoju technologicznego i innowacji oraz zwiększenie bezpieczeństwa dostaw energii zwłaszcza w skali lokalnej.

Zobowiązanie krajów Unii Europejskiej (UE), w tym także Polski, do zwiększenia produkcji energii z OZE wynika ze zobowiązań pakietu klimatyczno-energetycznego UE, zatwierdzonego w grudniu 2008 r., który obliguje kraje członkowskie do:

- 1) redukcji emisji CO₂ o 20% w roku 2020 w porównaniu do 1990 r.,
- 2) zwiększenia do 20% w 2020 r. udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitej produkcji energii (stan w 2008 r. wynosił 8,5%),
- 3) zmniejszenia zużycia energii o 20% w stosunku do poziomów przewidywanych w 2020 r. poprzez znaczące zwiększenie efektywności energetycznej (Niedziółka 2012).

Celem artykułu jest rozpoznanie zróżnicowania zainstalowanych mocy energii odnawialnych OZE według źródeł wytwarzania i klas województw. W tym celu zastosowano niehierarchiczną metodę *k*-średnich. Potrzeba dokonywania badania tego typu wynika z następujących przesłanek:

- 1) dostarczenie informacji o zróżnicowaniu potencjału energii odnawialnych województw na tle kraju,
- 2) diagnozy przestrzennego zróżnicowania poziomu wytwarzania energii w celu przypisania odrębnych strategii wydzielonym klasom przestrzennym.

Podejście miało charakter ekonomiczny nie brano pod uwagę możliwości jakie stwarza środowisko naturalne (zmienności pod względem nasłonecznienia, wietrzności itd.), a zinventaryzowano bazę danych według jednostek administracyjnych – województw – udostępnioną przez Urząd Regulacji Energetyki (URE). Województwo jest najważniejszą jednostką w badaniach rozwoju regionalnego. W ramach województw bilansuje się energia użytkowa wytwarzana w oparciu o OZE.

Analizowane źródła energii obejmują: biogaz, biomasę, energię promieniowania słonecznego, energię wiatru oraz energię wodną. W poniższym zestawieniu nie ujęto energii geotermalnej, z której w Polsce obecnie nie produkuje się energii elektrycznej (wynika to z temperatur udokumentowanych zasobów geotermalnych na obszarze Polski nieprzekraczających 100°C). W tabeli 1 przedstawiono dane ilustrujące liczbę instalacji OZE i uzyskane w nich moce dla obszaru Polski.

Tabela 1. Struktura instalacji z odnawialnych źródeł energii w Polsce pod względem liczby i mocy wg URE stan na 30/09/2017 r.

Technologie OZE Źródło energii	Liczba instalacji	Udział [%]	Moc instalacji w [MW]	Udział [%]
Elektrownie biogazowe (BG)	305	10,51	235,373	2,75
Elektrownie biomasowe (BM)	45	1,55	1362,03	15,95
Wytwarzające z promieniowania słonecznego (PV)	579	19,96	103,896	1,21
Elektrownie wiatrowe (WI)	1206	41,57	5848,671	68,49
Elektrownie wodne (WO)	766	26,40	988,377	11,57

Źródło: Mapy Odnawialnych Źródeł Energii udostępnione przez Urząd Regulacji Energetyki (<https://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>).

Zastosowanie energii ze źródeł odnawialnych przynosi wiele korzyści, m.in. zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, dywersyfikację dostaw energii i zmniejszoną zależność od rynków paliw kopalnych (w szczególności ropy naftowej i gazu). W tabeli 2 przedstawiono przykłady wykorzystania odnawialnych źródeł energii w warunkach polskich.

Tabela 2. Przykłady wykorzystania odnawialnych źródeł energii w warunkach polskich

Źródło energii	Rodzaj energii	Możliwość wykorzystania źródła OZE
Biomasa	elektryczna	– w elektrociepłowniach lokalnych – wykorzystanie biogazu z oczyszczalni ścieków, ferm hodowlanych oraz gazu wysypiskowego do produkcji energii elektrycznej
	ciepłna	– w kotłowniach lokalnych – w kotłach małej mocy w gospodarstwach indywidualnych
	mechaniczna	– w pojazdach wykorzystujących biopaliwa płynne
Energia wodna	elektryczna	– w małej energetyce wodnej, elektrowniach wodnych małej mocy
	elektryczna	– w energetyce dużej mocy
Energia wiatru	elektryczna	– w małej energetyce: w instalacjach elektrycznych w domach, szklarniach – elektrownie wiatrowe dużej mocy podłączone do sieci
Energia promieniowania słonecznego	elektryczna	– wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych – elewacje energetyczne ścienne, dachowe, systemy małej mocy – w telekomunikacji
	ciepłna	– w suszarnictwie, ogrzewaniu szklarni – w podgrzewaczach wody w basenach

Źródło: Opracowanie własne.

Materiały i metody

Dane do analizy wykorzystania OZE w poszczególnych województwach Polski pozyskano z „Mapy Odnawialnych Źródeł Energii”, udostępnionej przez Urząd Regula-

cji Energetyki (<https://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>). Do opracowania danych wykorzystano program STATISTICA wersja 12.

Tabela 3. Statystyki opisowe dla cech (liczba instalacji) przyjętych do badania według źródeł dla poszczególnych województw

Zmienna	STATYSTYKI OPISOWE					
	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Skośność	Eksces
BG	19,06	17,50	4,0	38,0	0,48	-0,21
BM	2,81	2,50	0,0	6,0	0,14	-0,81
PV	36,18	24,50	12,0	148,0	2,80	9,10
WI	75,37	28,50	11,0	299,0	1,56	1,34
WO	47,87	43,00	12,0	99,0	0,69	-0,13

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyliczeń w programie STATISTICA 12.

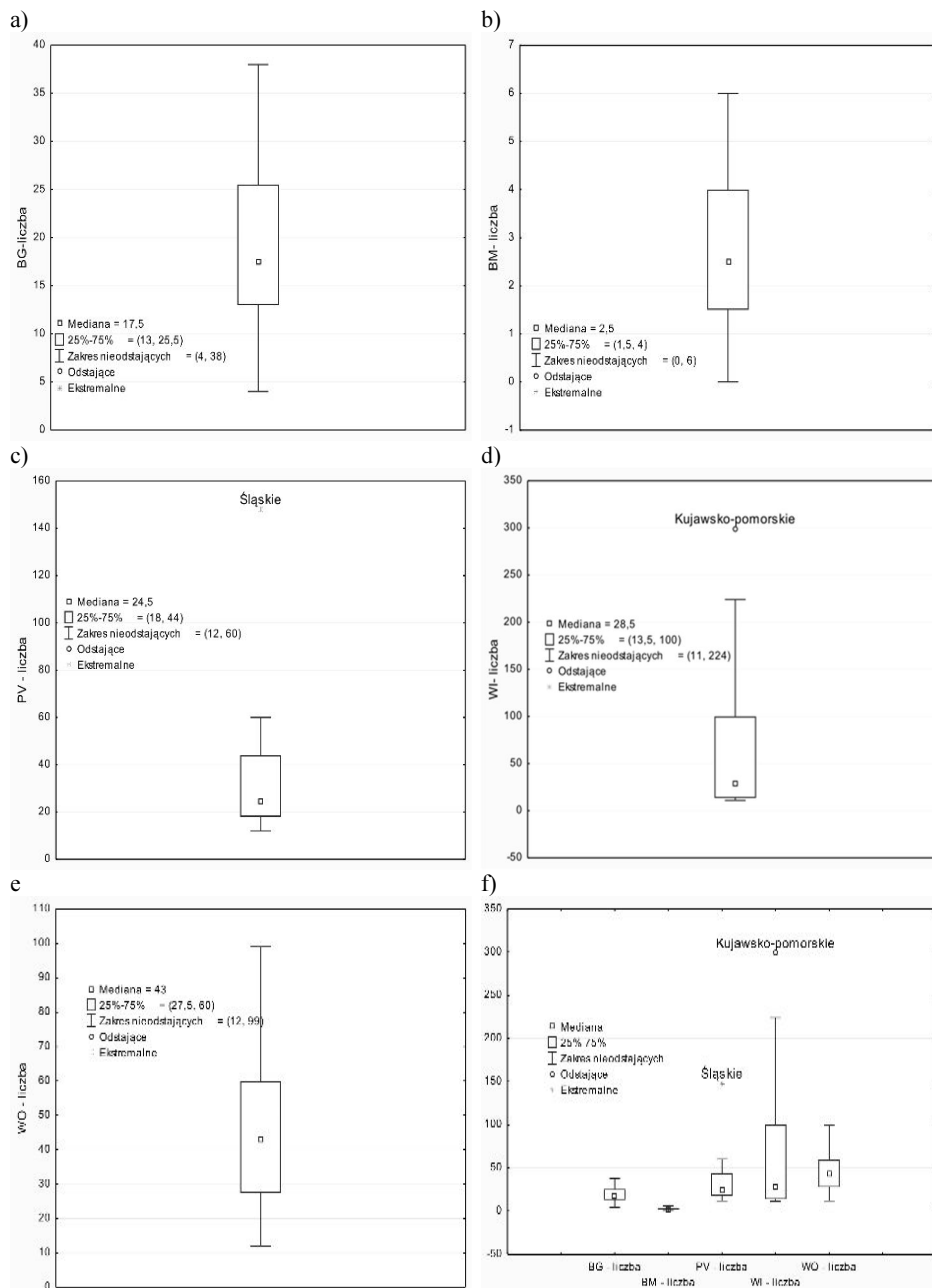
Zróznicowanie wybranych zmiennych OZE wyrażają podstawowe statystyki opisowe. Wszystkie badane cechy (liczba instalacji według źródeł) mają prawo skośny rozkład. Oznacza to, że więcej województw wykazuje niskie wartości wyrażone liczbą instalacji OZE, natomiast średnie krajowe osiągają stosunkowo wysoką wartość, dzięki nielicznym województwom, należącym do górnych części obszarów zmienności. Eksces ma wartość dodatnią dla takich instalacji jak kolektory słoneczne (PV) i elektrownie wiatrowe (WI), co wskazuje na silną koncentrację wartości cech wokół średnich dla kraju. Eksces jest niski (poniżej zera) dla cech: elektrownie biogazowe (BG), elektrownie biomasowe (BM), elektrownie wodne (WO) oznacza to, że w tych przypadkach więcej jest województw, które znacznie odbiegają od średniej dla kraju.

Na podstawie zaprezentowanych tabel można zauważyć, że województwo śląskie ma największą liczbę instalacji fotowoltaicznych 148 pozyskujących energię z promieniowania słonecznego przy wartości mediany 24,5 a najniższa liczba występuje w zachodniopomorskim 12. Typowy obszar zmienności liczby instalacji PV mieści się od 12 do 60 instalacji fotowoltaicznych w województwie. Instalacji wiatrowych najwięcej jest w województwie kujawsko-pomorskim z wynikiem 299 w 2017 r. Jest to wartość zdecydowanie odstająca od liczebności w pozostałych województwach. W województwie opolskim jest zaś 11 instalacji wiatrowych, co jest najniższą wartością.

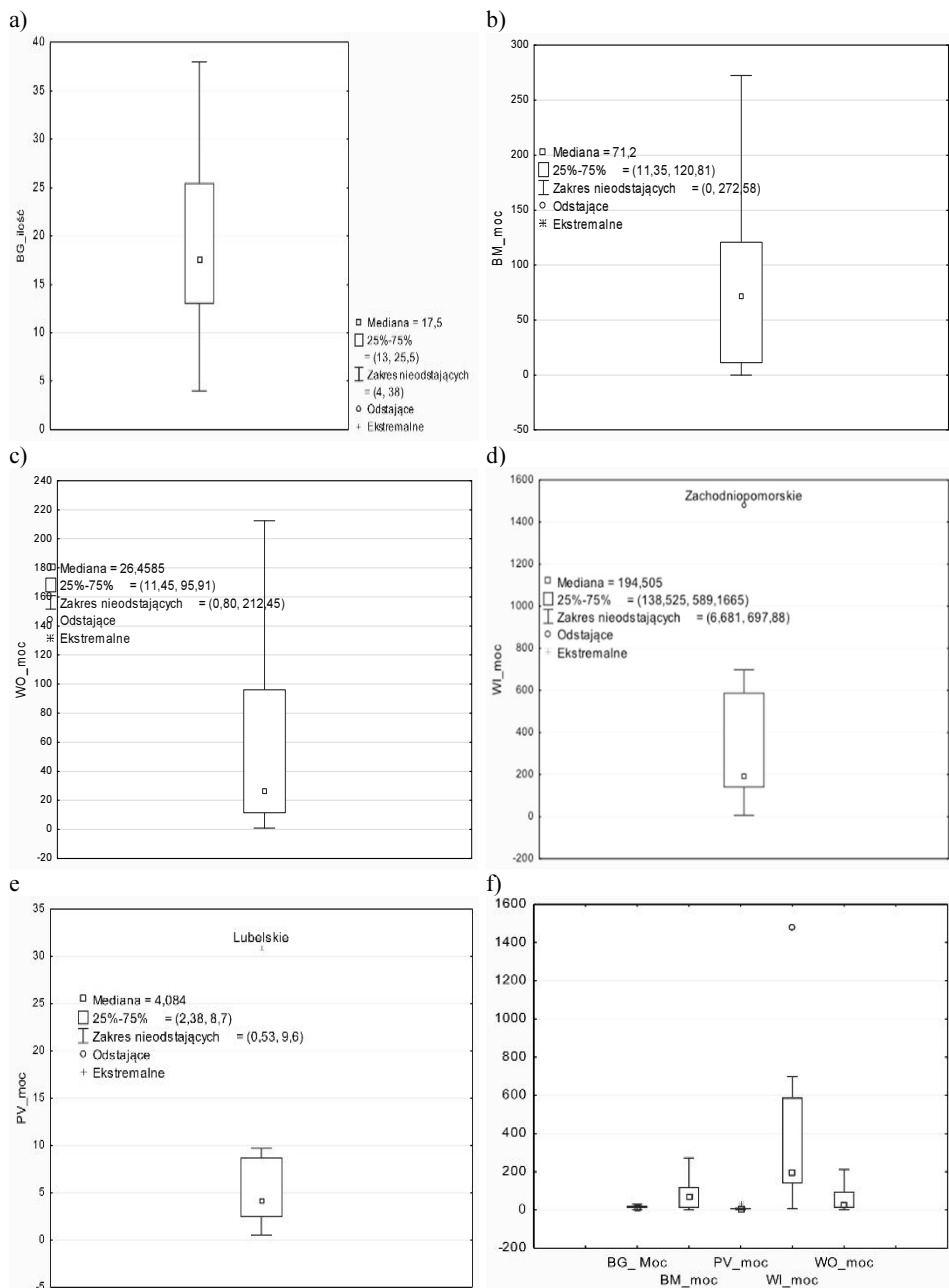
Tabela 4. Statystyki opisowe mocy instalacji [MW] według źródeł dla poszczególnych województw

Zmienna	STATYSTYKI OPISOWE						
	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności	Eksces
BG	14,71	14,29	2,14	29,74	7,92	53,85	0,12
BM	85,12	71,24	0,0	272,58	84,54	99,31	1,05
PV	6,49	4,08	0,53	30,92	7,20	111,03	2,83
WI	365,54	194,50	6,68	1481,72	379,79	103,89	1,82
WO	61,77	26,45	0,80	212,42	77,02	124,69	1,30

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyliczeń w programie STATISTICA 12.



Rysunek 1. Wykresy pudełkowy dla liczby instalacji OZE w województwach według źródeł (a) – BG, (b) – BM, (c) – PV, (d) – WI, (e) – WO, (f) – technologie OZE zbiorczo
 Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 2. Wykresy pudełkowe dla mocy instalacji OZE w województwach według źródeł (a) – BG, (b) –BM, (c) –PV, (d) –WI, (e) –WO, (f) – technologie OZE zbiorczo
Źródło: Opracowanie własne.

Porównując współczynniki zmienności dla wymienionych cech wynoszące odpowiednio dla energetyki wodnej 124,7 [MW] oraz 111,03 [MW] i 103,89 [MW] stwierdzamy, że występuje większe zróżnicowanie województw ze względu na energetykę wodną (WO), energetykę fotowoltaiczną (PV) i wiatrową (WI) niż z biomasy (BM) i biogazowni (BG). Mediana dla mocy zainstalowanych z energetyki wodnej wynosi 26,45. Znaczący to, że połowa województw ma wartości zainstalowanej mocy w [MW] przy tej technologii powyżej 26,45 [MW] a połowa poniżej wartości mediany. Na poniższych wykresach pudełkowych przedstawiono graficznie statystyki opisowe.

Jeśli analizujemy zróżnicowanie według województw ze względu na moc [MW], to najbardziej różnicuje województwa energetyka wiatrowa. Województwo zachodniopomorskie wytwarza moc 1 481,74 MW i jest to wartość odstająca od mocy energetyki wiatrowej w pozostały województwach. Najmniej energii w oparciu o siły wiatru produkuje się w woj. małopolskim. Mocy pochodzącej z energii słonecznej najwięcej jest w województwie lubelskim: 30 MW, a najmniej w woj. świętokrzyskim: 0,5 MW. Obszar zmienności mieści się między 0,53 MW a 9,6 MW.

Wśród odnawialnych źródeł energii w Polsce największy udział ze względu na moc osiągnięto z energetyki wiatrowej. Do województw o największym wykorzystaniu tego źródła należało województwo: zachodniopomorskie z wytwarzaną mocą 1 481,72 MW, na drugim miejscu pod względem mocy uzyskanej z OZE znalazła się energia pochodząca z biomasy, gdzie w województwie mazowieckim osiągnięto moc 272,58 MW.

Zróżnicowanie regionalne – analiza skupień

Przedstawione powyżej rozważanie miało charakter analizy jednozmiennej i pozwoliło na ocenę i porównanie województw według liczby i mocy zainstalowanych według pięciu różnych źródeł OZE wytwarzających energię elektryczną. Powstaje pytanie jak wygląda struktura regionalna kraju dla mocy OZE. Wielocechowe ujęcie województw jest rodzajem klasyfikacji geograficznej, w której przestrzeń podzielona na 16 województw podlega grupowaniu na zasadzie podobieństwa wewnątrzklasowego i różnic międzyklasowych (Nowak 2004). Do poznania takiej struktury regionalnej kraju wykorzystano analizę wielozmienną. Celem przeprowadzonej analizy było pokazanie struktury regionalnej Polski według zainstalowanych mocy OZE: BG, BM, PV, WI i WO. W poniższej analizie skupiono się jedynie na mocy instalacji, pomijając liczbę instalacji, gdyż wartość ta jest istotniejsza i mówi o udziale pozyskanej energii z OZE w całkowitej produkcji energii (jedno ze zobowiązań pakietu klimatyczno-energetycznego UE).

Jako metodę grupowania zastosowano niehierarchiczną metodę k -średnich. Algorytm grupowania metodą k -średnich prowadzi do utworzenia k klas (skupień) w możliwie największym stopniu różniących się od siebie ze względu na strukturę badanych cech. Etapy analizy k -średnich przedstawiono w pracy (Nowak 2004).

Aby porównać województwa, utworzono macierz informacji przestrzennej, którą poddano normalizacji. Arbitralnie wyróżniono 5 klas/skupień. Struktura cech dla województw po normalizacji została graficznie zaprezentowana na Rys. 3 i Rys. 4. W podziale na 5 skupień do klasy I należą województwa: lubelskie, podlaskie i warmińsko-mazurskie. W tej klasie moc dostarczana z kolektorów słonecznych (PV) jest relatywnie wysoka, biorąc pod uwagę jej poziom w innych klasach, natomiast najmniej mocy pochodzi z energii wodnej (WO) w porównaniu do innych skupień.

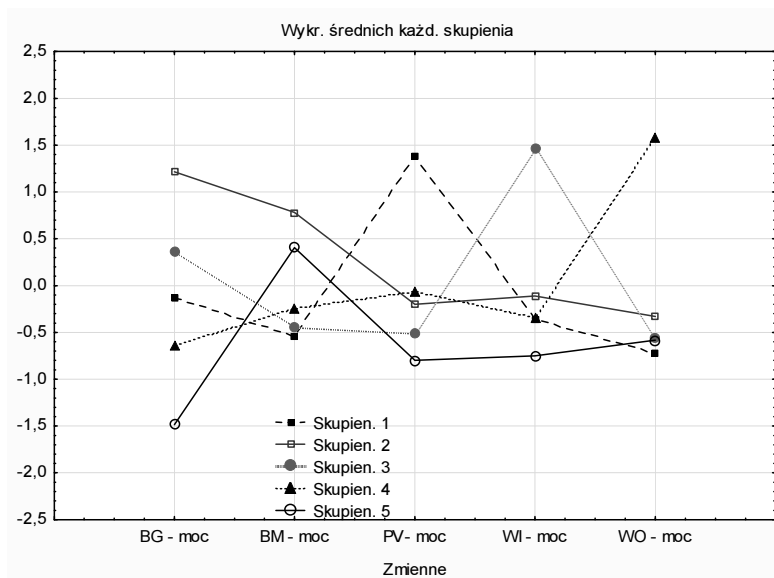
Do klasy II należą województwa: śląskie, dolnośląskie, wielkopolskie i mazowieckie. Najwięcej mocy dostarczają elektrownie biogazowe i biomasowe, a stosunkowo mało mocy pozyskuje się z energii wiatru i wody. Do klasy III należą województwa: łódzkie, pomorskie i zachodniopomorskie. Maksymalna moc w tym skupieniu pochodzi z instalacji wiatrowych, duży jest też udział instalacji biogazowych w porównaniu do innych klas, najmniej mocy pozyskuje się z elektrowni wodnych.

Do klasy IV należą województwa: lubuskie, kujawsko-pomorskie, małopolskie i podkarpackie. W tej klasie województw jest wysoki udział energetyki wodnej i stosunkowo niski pozostałych źródeł. W klasie V wyróżniono województwa: opolskie i świętokrzyskie. Jest to klasa, w której obserwuje się wysoki udział energii pochodzącej z biomasy, a pozostałe źródła są na najniższym poziomie w porównaniu do pozostałych klas województw.

Tabela 5. Centra skupień dla wyróżnionych klas (wartości standaryzowane)

Zmienna	ŚREDNIE SKUPIENIE				
	Skupienie Nr 1	Skupienie Nr 2	Skupienie Nr 3	Skupienie Nr 4	Skupienie Nr 5
BG_Moc	-0,134	1,21	0,35	-0,63	-1,48
BM_Moc	-0,54	0,78	-0,43	-0,24	0,40
PV_Moc	1,38	-0,19	-0,50	-0,06	-0,79
WI_Moc	-0,35	-0,11	1,45	-0,33	-0,75
WO_Moc	-0,71	-0,32	-0,55	1,57	-0,58

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 3. Struktura cech w skupieniach (wartości standaryzowane)

Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 3. widać, że najwyższa moc z BG jest w skupieniu drugim, także najwyższa moc z BM jest też w tym skupieniu. Najwyższa moc z PV jest w skupieniu pierwszym zaś najwyższa moc z WI jest w skupieniu trzecim, najwyższa moc z WO jest w skupieniu czwartym.



Rysunek 4. Klasyfikacja województw metodą k -średnich

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki analizowanych badań

Przyrodniczy potencjał teoretyczny OZE jest zróżnicowany w zależności od warunków fizyczno-geograficznych. Najwyższy potencjał energii wodnej znajdują się w południowej Polsce w obszarach górskich (Karpaty, Sudety) i na przedgórzu oraz w Polsce północnej (pojezierza). Ponad 60% (dane z 2017 r.) zainstalowanej w Polsce mocy elektrowni wodnych znajduje się w województwach: podkarpackim – 21,17%, małopolskim – 19,47%, kujawsko-pomorskim – 21,49% (na podstawie obliczeń własnych z danych uzyskanych z URE).

Zasoby energii wiatrowej zależą zarówno od lokalnych warunków klimatycznych jak i ukształtowania powierzchni. Obszarami o dogodnych warunkach wiatrowych, gdzie opłacalność budowy elektrowni wiatrowych jest duża, są: wybrzeże Morza Bałtyckiego, północno-wschodnia Polska, Warmia i Mazury, północne Pomorza, Podkarpackie i Dolny Śląsk. Taki stan potwierdzają przeprowadzone analizy, które wskazują na największe moce zainstalowane w województwach: zachodniopomorskim (25,33%), wielkopolskim (11,93%), pomorskim (11,84%), kujawsko-pomorskim (10,18%). Ponad

55% całkowitej mocy zainstalowanej w energetykę wiatrową w Polsce przypadało na te województwa, co pozwala uznać je za obszary atrakcyjne przyrodniczo dla rozwoju energetyki wiatrowej.

Energia słoneczna, charakteryzuje się niewielkim potencjałem zasobowym w Polsce. Rozkład promieniowania słonecznego jest zróżnicowany w ciągu roku, ponieważ 80% całkowitej rocznej sumy usłonecznienia ma miejsce w okresie od kwietnia do września. Roczna gęstość promieniowania słonecznego w Polsce na płaszczyznę poziomą wynosi od 250 do 950 kWh/km², natomiast średnie nasłonecznienie wynosi 1600 h/rok. Polska wschodnia oraz centralna ma najwyższy potencjał zasobowy dla rozwoju energetyki słonecznej. Do województw o największej zainstalowanej mocy należą województwa lubelskie (29,76%) i podlaskie (9,3%).

Realny potencjał ekonomiczny biomasy stanowi w Polsce wartość najwyższą wśród OZE. Największe zasoby biomasy występują w województwach: wielkopolskim, zachodniopomorskim, mazowieckim, pomorskim i warmińsko-mazurskim. Do regionów o najwyższej uzyskanej mocy z biomasy należy województwo: mazowieckie (20,01%), świętokrzyskie (17,52%), kujawsko-pomorskie (13,01%).

Do regionów o najwyższej uzyskanej mocy z biogazu należą województwa: wielkopolskie (10,28%), pomorskie (9,69%), dolnośląskie (9,31%).

Wnioski końcowe

Rozmieszczenie zasobów OZE w poszczególnych województwach Polski pokrywa się z naturalnymi zasobami w tych rejonach, co potwierdziły przeprowadzone analizy regionalne. Metoda *k*-średnich pozwoliła na pogrupowanie w 5 klas województwa o podobnym charakterze.

Rozwój odnawialnych źródeł energii jest ważnym aspektem polityki energetycznej kraju, który oprócz poprawy jakości środowiska i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego może stymulować wzrost zatrudnienia poprzez tworzenie miejsc pracy w sektorze nowych, zielonych technologii.

Bibliografia

- Air quality in Europe – 2017 report*, EEA Report No 13/2017 (dostęp: 3/2018).
- Chodkowska-Miszczuk J., Biegańska J., Środa-Murawska S., Grzelak-Kostulska E., Rogatka K., 2016, *European Union funds in the development of renewable energy sources in Poland in the context of the cohesion policy*, "Energy & Environment", vol. 27, 6-7: pp. 713-725.
- Dykas S., Szymański A., Cai X., 2017, *Real prospects for the development of power technologies based on renewable energy sources in Poland*, "Frontiers in Energy", June 2017, Volume 11, Issue 2, s. 168-174.
- http://elektroenergetyka.pl/upload/file/2006/8/elektroenergetyka_nr_06_08_e2.pdf (dostęp: 3/2018).
- <https://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html> (dostęp: 3/2018).
- Janowicz L., 2006, *Biomasa w Polsce*, Energetyka i Ekologia.
- McCollum D.L., Gomez Echeverri L., Busch S., Pachauri S., Parkinson S., Rogelj J., Krey V., Minx J.C., 2018, *Connecting the sustainable development goals by their en-*

ergy inter-linkages. Environmental Research Letters 13, DOI:10.1088/1748-9326/aaafe3 <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15171> (dostęp 03/2018).

Niedziółka D., 2012, *Zielona energia w Polsce*.

Nowak E., 2004, *Metody klasyfikacji w badaniach geograficznych*, Kielce-Poznań.

Renewable energy statistics, EUROSTAT, http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Renewable_energy_statistics (dostęp: 3/2018).



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

MAGDALENA KNAPIK

Studentka II roku biologii, studia II stopnia
Studenckie Koło Naukowe Ochrony Przyrody
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 2nd year of Biology, 2nd degree studies
Nature Protection Student Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Zastosowanie biostymulatorów we współczesnym rolnictwie

Using Biostimulants in Modern Agriculture

Summary: The analysis of the use of biostimulants has demonstrated their positive influence on plant growth and yielding. Examples of biostimulants used in modern agriculture include algae extracts, chitosan, amino acid biostimulants and humic acids. Biostimulants enrich the substrate with nutrients, without the introduction of harmful chemicals into the environment. As a result, the yields from these crops are completely natural and safe for consumers, and can therefore be used in organic farming.

Key words: biostimulants, chitosan, humic acids, algae, amino acid biostimulants.

Wstęp

We współczesnej uprawie roślin ciągle poszukuje się nowych rozwiązań, które pomogłyby uzyskać wysokie i stabilne plony przy jednoczesnym ograniczeniu szkodliwych substancji chemicznych wprowadzanych do środowiska. Wadami syntetycznych środków ochrony roślin są przede wszystkim wysoka cena oraz efekty uboczne jakie niosą za sobą, czyli zanieczyszczanie środowiska i eliminacja nie tylko groźnych dla upraw szkodników, ale też pożytecznych dla nas owadów. Często wbrew zasadom integrowanej ochrony roślin chemiczne środki i nawozy są nadużywane, co jest niezgodne z dyrektywami unijnymi.

W związku z tym, że w naszym społeczeństwie wzrasta zainteresowanie problemem ochrony środowiska oraz ekologiczną żywnością, w dużym stopniu dąży się do zastąpienia środków chemicznych preparatami o naturalnym składzie (<https://nawozy.eu>

/wiedza/porady-ekspertow/z-kraju/biostymulatory-preparaty-o-wielokierunkowym-za-stosowaniu-w-rolnictwie.html). Naprzeciw tym wyzwaniom wychodzą biostymulatory. Preparaty te wspomagają różne procesy fizjologiczne roślin. Powszechnie uważa się, że biostymulatory są także bezpieczne dla środowiska naturalnego i ludzi (Słowiński 2004: 25-26).

Pojęcie biostymulatora nie zostało dokładnie prawnie zdefiniowane z tego względu na rynku dostępnych jest wiele preparatów bez rejestracji, sprzedawanych jako biostymulatory. W ujęciu rolniczym biostymulator jest preparatem mającym pozytywny wpływ na wzrost i plonowanie roślin, ale nie ma działania nawozowego. W literaturze zaobserwowano wyraźny wzrost używalności tego pojęcia w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Używane ono było bardzo intuicyjnie, jednak nie zostało do tej pory prawnie zdefiniowane. Wielokrotnie próbowano zdefiniować biostymulatory jako grupę substancji stymulujących (Matyjaszczyk 2015: 1841-1844). Definicją, jaką możemy operować obecnie, jest ta zaproponowana w raporcie dla Unii Europejskiej, brzmi ona następująco: „Biostymulator roślinny oznacza materiał zawierający substancję/e lub mikroorganizmy, przeznaczony do stosowania na roślinie, nasiona lub strefę korzeniową w celu stymulowania naturalnych procesów zwiększających efektywność wykorzystania składników pokarmowych, tolerancję na stres abiotyczny lub/i jakość plonu, którego działanie nie zależy od zawartości składników pokarmowych” (<https://nawozy.eu/wiedza/porady-ekspertow/z-kraju/biostymulatory-preparaty-o-wielokierunkowym-za-stosowaniu-w-rolnictwie.html>).

W związku z tym, że nie ma w Polsce obowiązującej prawnej definicji biostymulatora nie są one rejestrowane jako osobna grupa, ale mogą należeć do jednej z trzech grup:

- nawozów,
- środków ochrony roślin,
- pozostałych.

O przynależności do poszczególnych grup decyduje wskazane przez producenta przeznaczenie preparatu. By uniknąć wysokich kosztów, które niosą za sobą badania i rejestracja preparatów jako środki ochrony roślin często producenci rejestrują biostymulatory jako nawozy (Kozak i in. 2016: 114-122).

W lutym 2015 roku na rynku polskim dopuszczonych i zarejestrowanych środków biostymulujących, zaliczanych do grupy środków ochrony roślin, było około 60. Natomiast około 20 preparatów zatwierdzonych zostało jako „środki wspomagające uprawę roślin”, ponadto na rynku funkcjonowała nieznana liczba preparatów sprzedawanych bez rejestracji. Preparaty biostymulujące są wprowadzane na rynek polski na podstawie różnych przepisów. Zgodnie z zasadami ustawy o nawozach dopuszczone do sprzedaży biostymulatory zostały uznane przez ekspertów za bezpieczne i skuteczne preparaty do ochrony roślin. W przypadku sprzedawania preparatów bez rejestracji, nie ma żadnej gwarancji, że produkt zadziała prawidłowo i nie spowoduje szkód w plantacji (Matyjaszczyk 2015: 1841-1844).

Zastosowanie wybranych rodzajów i składników biostymulatorów w uprawach rolniczych

W gospodarce rolnej coraz częściej wykorzystywane są biostymulatory. Szczególne zastosowanie w rolnictwie mają preparaty na bazie ekstraktów z glonów, chitozanu, kwasów huminowych i humusowych oraz biostymulatory aminokwasowe.

Ekstrakty z glonów

Algi są organizmami zasobnymi w mikro- i makroelementy niezbędne do wzrostu roślin. Ekstrakty z nich pozyskiwane zawierają wiele fitohormonów, które wykazują stymulujący efekt na wzrost i plonowanie roślin. Możemy do nich zaliczyć m.in. auksyny, cytokininy, gibereliny, kwas abscysynowy oraz etylen (Tuhy i in. 2013: 636-641). Najczęściej jako środki biostymulujące wykorzystywane są glony z następujących gromad:

- krasnorosty: *Corralina mediterranea*, *Jania rubens*, *Pterocladia pinnata*,
- zielenice: *Cladophora dalmatica*, *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca*,
- brunatnice: *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Saragassum sp.*

Stosowanie naturalnych ekstraktów z alg powoduje wzbogacenie gleby w mikroelementy, tym samym poprawia wzrost roślin, plonowanie oraz ogólny ich rozwój.

Zwiększenie plonowania po zastosowaniu biostymulatora zawierającego ekstrakty z alg jest spowodowane wyższą odpornością rośliny na niekorzystne warunki środowiskowe. Ponadto uprawy z zastosowaniem tych preparatów wykazały większą odporność na szkodniki i patogeny. Wspomagają one także pobieranie składników pokarmowych z gleby, przyczyniają się do zminimalizowania szkód spowodowanych przez choroby bakteryjne i grzybicze a także owady (Matysiak i in. 2010: 28-32).

W uprawach z zastosowaniem ekstraktów glonowych do opryskiwania winogron stwierdzono zwiększenie ilości składników odżywczych w liściach, co spowodowało jego intensywniejszy wzrost. Rośliny te wykazały również większą odporność na czynniki stresowe, m.in. susze. Opryski takimi preparatami zastosowano także na drzewach owocowych, głównie jabłoni. W wyniku zastosowania ekstraktu z alg wystąpił bardziej intensywny wzrost liści i pędów na tych drzewach, a ich owoce były większe i liczniejsze (Tuhy i in. 2013: 636-641). W doświadczeniach na rzepaku ozimym wykazano pozytywne działanie tych biostymulatorów na kiełkowanie i wzrost roślin. Uprawy roślin, które wykiełkowały z nasion uprzednio namoczonych w roztworach wodnych ekstraktów z alg cechowały się większą masą pędów (Matysiak i in. 2010: 28-32).

Ekstrakty z alg są bezpieczne dla naszego środowiska, dlatego stanowią świetną alternatywę dla syntetycznych stymulatorów wzrostu.

Chitozan

Chitozan jest związkiem pochodzenia naturalnego, całkowicie nietoksycznym i biodegradowalnym. Otrzymuje się go z chityny, stanowiącej materiał budulcowy skorupiaków (krewetki, kraby, raki, kryl), owadów, grzybów i bakterii. Udowodniono, że może ograniczać rozwój chorób, wpływać na jakość kwiatów, a także stymulować rozwój i wzrost rośliny. Na aktywność biologiczną chitozanu największy wpływ ma jego ciężar cząsteczkowy, który wpływa na jego większą aktywność biologiczną.

Badania przeprowadzone w latach 2004-2005 w Katedrze Roślin Ozdobnych Akademii Rolniczej w Szczecinie wykazały, że 0,2-procentowy roztwór chitozanu ma właściwości stymulujące na przyrost masy i licznosc bulw potomnych frezji. Bulwy mateczne frezji moczone przed sadzeniem w roztworze chitozanu dawały bulwy potomne o zwiększonej odporności (Salachna i in. 2007: 177-181). W uprawach jagody kamczackiej, gdzie zastosowano biostymulatory zawierające chitozan, stwierdzono tendencję do wytwarzania owoców o większej masie (Poterańska i in. 2015: 132-138). Wyniki badań nad zastosowaniem chitozanu w uprawie eucharisu wielkokwiatowego wykazały, że wpływa on stymulująco na jego korzenie – zwiększa ich długość oraz liczbę (Salachna, Skierkowska 2010: 321-326).

Biostymulatory aminokwasowe

Biostymulatory aminokwasowe są jedną z nowszych propozycji na zwiększenie odporności roślin i efektywności plonowania. Aminokwasy są elementami składowymi białek, do ich syntezy organizm żywy wymaga dużych nakładów energii. Dzięki dostarczeniu roślinie dodatkowych aminokwasów automatycznie zmniejsza się jej nakład energii niezbędny do przyswajania azotu.

Prowadzono od wielu lat badania, na podstawie których stwierdzono, że rośliny z upraw w których zastosowano biostymulatory aminokwasowe cechują się:

- zwiększeniem pobierania dostępnych w glebie składników pokarmowych,
- poprawieniem i usprawnieniem metabolizmu i procesu fotosyntezy,
- większą odpornością i tolerancją na stres (np. susza, przymrozki, nadmiar wilgoci),
- większą odpornością roślin na inwazję chorób i szkodników,
- uzyskany plon jest wyrównany, owoce są dorodniejsze, lepiej wyglądające i lepiej się przechowują (<http://ekologiwagrodzie.pl/stymulatory-wzrostu/apolumus-pierwszy-polski-stymulator-wzrostu/>).

W badaniach przeprowadzonych nad bulwami ziemniaka w Jadwisinie, wykazano, że przy niesprzyjających warunkach pogodowych, po zastosowaniu preparatów zawierających biostymulatory aminokwasowe, plon roślin był znacznie wyższy (średnio o 21,1%), niż w warunkach korzystnych (11,2%). Ponadto doliczne dokarmianie tym biostymulatorem spowodowało zmniejszenie się ilości bulw o drobnych rozmiarach (do 35 mm) i wzrost ilości bulw dużych (o wielkości 50-60 mm i ponad 60 mm). Zastosowanie tego preparatu wpłynęło znacząco na ograniczenie deformacji i zazielenień na bulwach uprawianych ziemniaków (Trawczyński 2014: 29-34).

Kwasy humusowe i huminowe

Częstym składnikiem biostymulatorów są kwasy humusowe i huminowe. Ich bezpośredni efekt stymulujący polega na zmianach w metabolizmie roślin. Substancje humusowe poprawiają strukturę gleby, zwiększają jej aktywność mikrobiologiczną, przez co wpływają na zwiększenie pobierania składników pokarmowych i powodują wzrost pojemności wodnej gleby.

Kwasy huminowe powodują zwiększenie przepuszczalności błon komórkowych, w rezultacie usprawniają transport związków mineralnych. Związki te mają dodatni

wpływ na kiełkowanie nasion i rozwój siewek. Używanie kwasów huminowych w zaprawianiu nasion poprawia szybkość kiełkowania. Pod wpływem związków humusowych zwiększa się ilość chlorofilu w liściach. Wpływając na działanie niektórych enzymów, chronią je przed toksycznym działaniem nadtlenu wodoru i wolnych rodników, powstających na skutek czynników stresowych.

Przykładem preparatu zawierającego kwasy humusowe i polimery chitozanu jest Apol-humus, łączy on w sobie cechy tych dwóch substancji. Apol-humus to pierwszy polski stymulator wzrostu. Składniki tego preparatu przeciwdziałają wymywaniu substancji pokarmowych, zmniejszają aktywność metali ciężkich, zwiększają sorpcyjność gleby i stymulują rozwój pożytecznych mikroorganizmów glebowych. Rośliny opryskane lub podlewane tym preparatem wykazują się lepszą kondycją i odpornością na stresi. Ponadto Apol-humus może wykazywać działanie fitosanitarne w stosunku do mikroorganizmów chorobotwórczych (http://www.poli-farm.pl/pl/growth_promoters/14,apol-humus). Instytut ogrodnictwa w Skierniewicach przeprowadził badania, z których wynika, że zastosowanie Apol-humus miało znacznie lepszy wpływ na poziom ukorzenienia, wzrost roślin i masę zieloną w porównaniu do innych preparatów opracowanych na bazie kwasów humusowych i dostępnych na polskim rynku (<http://ekologia.wogrodzie.pl/stymulatory-wzrostu/apol-humus-pierwszy-polski-stymulator-wzrostu/>).

Podsumowanie

Biostymulatory mogą mieć wszechstronne zastosowanie. Głównie mają na celu poprawę jakości i ilości uzyskanego plonu, odporności roślin na warunki stresowe oraz ułatwienie im regeneracji po działaniu niekorzystnych czynników. Przeprowadzono wiele doświadczeń z zastosowaniem biostymulatorów, większość z nich udowodniła ich korzystny wpływ na rozwój i plonowanie roślin. Biostymulatorów używa się w uprawie polowej wiodących gatunków takich jak: zboża, rzepak czy buraki cukrowe. Zastosowanie biostymulatorów pozwala ograniczyć nawożenie, a tym samym zasolenie gleby. Wzbogacają one podłoże o potrzebne substancje pokarmowe, są nieszkodliwe dla środowiska i tym samym mogą być stosowane w uprawach ekologicznych. Preparaty biostymulujące dość szybko stają się elementami standardowej agrotechniki i wychodzą naprzeciw wyzwaniom współczesnego rolnictwa.

Bibliografia

- Aminokwasy dobre na wszystkie uprawy – Rolnicze ABC*, <http://rolniczeabc.pl/448539,Aminokwasy-dobre-na-wszystkie-uprawy.html#axzz5D3gW3gL0>, (dostęp: 19.02.2018).
- APOL-HUMUS pierwszy polski stymulator wzrostu*, <http://ekologia.wogrodzie.pl/stymulatory-wzrostu/apol-humus-pierwszy-polski-stymulator-wzrostu/>, (dostęp: 19.02.2018).
- Apol-humus*, http://www.poli-farm.pl/pl/growth_promoters/14,apol-humus, (dostęp: 19.02.2018).
- Biostymulatory – preparaty o wielokierunkowym zastosowaniu*, <https://nawozy.eu/wiedza/porady-ekspertow/z-kraju/biostymulatory-preparaty-o-wielokierunkowym-zastosowaniu-w-rolnictwie.html>, (dostęp: 19.02.2018).

- <http://ekologia.wogrodzie.pl/stymulatory-wzrostu/apol-humus-pierwszy-polski-stymulator-wzrostu/>, (dostęp: 19.02.2018).
- http://www.poli-farm.pl/pl/growth_promoters/14,apol-humus, (dostęp: 19.02.2018).
- Kozak M., Wondolowska-Grabowska A., Serafin-Andrzejewska M., Gniadzik M., 2016, *Biostymulatory – wczoraj, dziś i jutro*, [w:] Łuczycycka D. (red.), *Rolnictwo XXI wieku – problemy i wyzwania*, Wrocław, s. 114-122.
- Mancuso S., Azzarello E., Mugnai S., Briand X., 2006, *Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted Vitis vinifera plants*, „Advances in Horticultural Science”, nr 20, s. 156-161.
- Matyjaszczyk E., 2015, *Wprowadzanie biostymulatorów do obrotu handlowego w Polsce. Sytuacja bieżąca i uwarunkowania prawne*, „Przemysł chemiczny”, nr 10, s. 1841-1844.
- Matysiak K., Kaczmarek S., Kierzek R., Kardasz P., 2010, *Ocena działania ekstraktów z alg morskich oraz mieszaniny kwasów huminowych i fulwowych na kiełkowanie i początkowy wzrost rzepaku ozimego (Brassica napus L.)*, „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering”, nr 4, s. 28-32.
- Poterańska N., Mijowska K., Ochmian I., *Wpływ aplikowanych dolistnie biostymulatorów i środków wapniowych na wzrost krzewów, plonowanie oraz jakość owoców jagody karczaskiej (Lonicera caerulea L.) odmiany Czarna*, [w:] *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce – Nauki Przyrodnicze*, Szczecin 2015, s.132-138.
- Salachna P., Bartkowiak A., Mazurkiewicz-Zapałowicz K., Placek M., *Ocena wpływu chitozanu na plon i zdrowotność bulw frezji (Freesia Eckl. Ex Klatt) odmiany 'Versailles'*, „Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu” nr 41, 2007, s. 177-181.
- Salachna P., Skierkowska M., 2010, *Wpływ masy sadzonki dwuluskowej i chitozanu na plon cebul przybyszowych eucharisu wielkokwiatowego (Eucharis x grandiflora PLANCH. et LINDEN)*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych”, t. 551, s. 321-326.
- Słowiński A., 2004, *Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin*, „Wiś Jutra”, nr 3, s. 25-26.
- Tajemnice biostymulatorów*, <http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/nawozy/tajemnice-biostymulatorow,43074,4.html>, (dostęp: 19.02.2018).
- Trawczyński C., 2014, *Wpływ biostymulatorów aminokwasowych – Tecamin – na plon i jakość ziemniaków*, „Ziemniak Polski” nr 3, s. 29-34.
- Tuhy Ł., Chowańska J., Chojnacka K., 2013, *Ekstrakty glonowe jako biostymulatory wzrostu roślin: przegląd piśmiennictwa*, „CHEMIK” nr 7, s. 636-641.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

WIKTOR KRZYSIEK

Student II roku biologii, studia stacjonarne II stopnia
Studenckie Koło Naukowe Anatomów
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 2nd year of Biology, full-time course, 2nd grade studies
Student Scientific Research Club of Anatomists
Jan Kochanowski University in Kielce

Biały, brązowy i beżowy – kolory nietypowej tkanki łącznej – „tłuszczu”

White, Brown and Beige – Colours of Unusual Connective Tissue – „Fat”

Summary: Fat tissue is classified as a connective tissue. While the functions and metabolism of white adipose tissue (WAT) are well understood, the functions of brown adipose tissue (BAT) are much less explored. It was only in recent years that its presence in adults was confirmed. Its unique metabolism is considered very promising for, among other things, treatment of obesity.

Key words: white fat, brown fat, beige fat, WAT, BAT.

Wstęp

Tkanka tłuszczowa jest bardzo charakterystycznym typem tkanki łącznej. Składa się z dużych komórek tłuszczowych, adipocytów, wypełnionych materiałem zapasowym w postaci estrów i soli kwasów tłuszczowych. Otoczone są one włóknami siateczkowymi. Metabolizm tych komórek pozostaje pod ścisłą kontrolą układu hormonalnego i nerwowego. Tkanka ta pełni wiele funkcji w organizmie: gromadzi substancje zapasowe, zapewnia odpowiednią termoizolację ciała, osłania ważne narządy wewnętrzne. W klasycznym podziale wyróżniamy dwa rodzaje tłuszczu: biały i brunatny. Najnowsze

badania sugerują jednak, że istnieje jeszcze pośrednia forma tłuszczu: beżowy (ang. *beige* lub *brite*) (Gołąb, Traczyk 1997).

Tłuszcz – narząd rozproszony

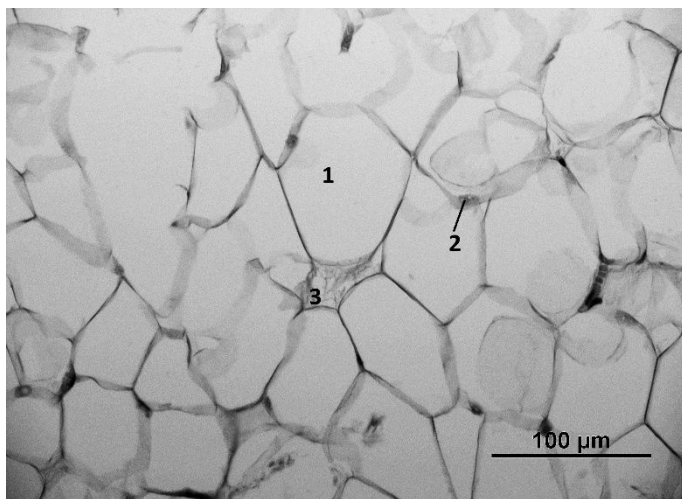
Tkanka tłuszczowa od czasu jej opisania uważana była za magazyn energii, osłonę i amortyzację dla narządów wewnętrznych. Nierównomierne jej rozmieszczenie w organizmie i bardzo duża plastyczność sprawiały, że nie badano dokładnego funkcjonowania tej tkanki. Rozproszenie po całym ustroju i znaczne różnice w rozkładzie masy tłuszczowej u kobiet i mężczyzn, dodatkowo utrudniały kompleksowe i pełne opisanie wszystkich jej zadań. Dopiero odkrycie leptyny, hormonu syntezowanego w adipocytach i jej dużego wpływu na metabolizm całego ustroju, skłoniło naukowców do zrewidowania poglądów na temat tkanki tłuszczowej. Zaczęto ją też postrzegać jako jednostkowy i wyspecjalizowany narząd.

Z anatomicznego punktu widzenia, w ciele człowieka występują trzy główne rejonu gromadzenia tkanki tłuszczowej białej: podskórny (Ryc. 1), brzuszny (zwany także trzewnym) i między narządowy. Tłuszcz podskórny skupia się przeważnie w okolicy brzusznej u mężczyzn, a u kobiet w okolicy pośladków, ud oraz bierze udział w budowie gruczołów piersiowych. Tłuszcz trzewny gromadzi się głównie wewnątrzotrzewnowo i w strukturach: krezki, sieci większej i sieci mniejszej. Najmniejszą część tłuszczu trzewnego znajduje się poza otrzewną. Każdy narząd wewnętrzny posiada swoją amortyzującą warstwę tkanki tłuszczowej, ale dodatkowo depozyty tłuszczowe znajdują się okołowątrowo i międzymięśniowo (Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484).

Brunatna tkanka tłuszczowa jest znacznie bardziej rozproszona po organizmie. Nie buduje dużych struktur, skupia się tylko w kluczowych miejscach ciała potrzebnych do utrzymania stałej temperatury ciała w procesie termogenezy beźdrzeniowej. Są to: okolice tętnic szyjnych i podobojczykowych (Ryc. 2), między łopatkami, śródpiersiu oraz dole pachowym (Wójcik, Górski 2011: 34-40; Sawicki 2008).

Charakterystyka białej tkanki tłuszczowej (WAT)

Tkanka tłuszczowa pojawia się około 14 tygodnia życia płodowego. Adipocyty wywodzą się z prekursorowych komórek mezenchymatycznych. Te same komórki multipotencjalne mogą ulec przekształceniu w mioblasty, osteoblasty lub chondrocyty. Jednak w czasie, kiedy ulegną transformacji w kierunku adipocytów tracą zdolność do przemiany w inny rodzaj tkanki. Noworodek przychodzi na świat z ok. trzydziestoma milionami adipocytów, które stanowią ok. 13% masy ciała. Pod koniec dziewiątego miesiąca życia tłuszcz stanowi 25-28% masy ciała dziecka i jest zdeponowany głównie pod skórą. W okresie dziecięcym wzrasta głównie masa tkanki tłuszczowej, adipocyty nie rozwijają się. Dalszą ewolucję tkanki tłuszczowej obserwuje się w czasie dojrzewania, rozrost zostaje zahamowany i komórki tłuszczowe zaczynają zwiększać swoją liczbę. Nadmierna podaż kalorii w tym czasie może prowadzić do zbyt dużego rozrostu tkanki tłuszczowej i skutkować otyłością w wieku dorosłym. Duży odsetek tłuszczu w organizmie niemowląt może być przystosowaniem związanym z szybkim rozwojem mózgu i zmianami w sposobie odżywiania (przeskokiem z mleka matki na pokarm stały) (Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484).



Rysunek 1. Obraz mikroskopowy białej tkanki tłuszczowej podskórnej człowieka. 1 – kropla tłuszczowa, wypełniająca większość powierzchni komórki 2 – jądro komórkowe zepchnięte na obwód komórki 3 – substancja międzykomórkowa
Fot. Autor.

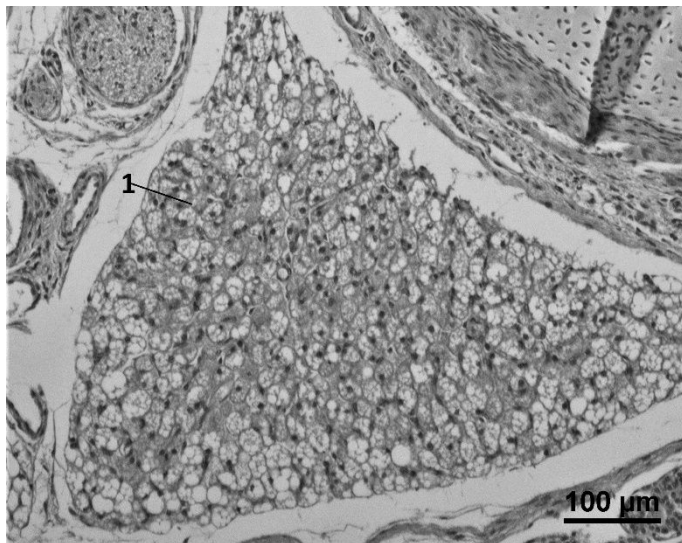
Tkanka tłuszczowa biała może mieć barwę białą lub żółtą i stąd wywodzi się jej nazwa. Kolor taki nadają jej lipochromy, barwniki z grupy karotenoidów. Adipocyty tłuszczu białego zawierają tylko jedną dużą kroplę tłuszczów (Rys. 1). Cytoplazma wraz ze wszystkimi zawieszonymi w niej organellami jest zepchnięta na obwód komórki. Tworzy cienki rąbek, przez który komórka tłuszczowa komunikuje się z resztą ustroju. Najważniejszą funkcją adipocytów jest gromadzenie i magazynowanie triglicerydów, dostarczanych głównie z pożywieniem. Jednak komórki tłuszczowe prowadzą też inne procesy, najważniejszymi z nich są: lipoliza czyli rozkład tłuszczów i lipogeneza czyli synteza substancji tłuszczowych. Oba te procesy pozostają pod kontrolą układu nerwowego i hormonalnego. Dlatego niektóre schorzenia metaboliczne (na przykład cukrzyca lub choroba Hashimoto) mogą pozostawać w związku z otyłością (Sawicki 2008; Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484).

W obrazie mikroskopowym białej tkanki tłuszczowej możemy zaobserwować niewielką ilość substancji podstawowej, wypełniającej przestrzeń międzykomórkową (Ryc. 1). W niej biegą naczynia krwionośne i adrenergiczne włókna nerwowe. Taki przebieg układu: naczynie – włókno nerwowe jest wymuszony kontaktem błony komórkowej każdego adipocytu z zakończeniem nerwowym. Bogate unerwienie i utkanie naczyniowe tkanki tłuszczowej jest podyktowane dużą aktywnością metaboliczną, która jest ściśle kontrolowana przez układ nerwowy (Sawicki 2008).

Charakterystyka brunatnej tkanki tłuszczowej (BAT)

Brunatna tkanka tłuszczowa po raz pierwszy została opisana w 1895 roku przez Hammara (Hammar 1895: 512). Jednak zainteresowanie tą strukturą było niewielkie

ponieważ uważano, że u dorosłych nie występuje. Dopiero badania prowadzone na przełomie XIX i XX wieku potwierdziły jej obecność i istotną funkcję u osób dojrzałych. Wcześniej sądzono, że odgrywa ważną rolę w wieku niemowlęcym i jest tkanką niezbędną w procesie hibernacji. Jej duże skupiska są obecne u zwierząt, zapadających w sen zimowy (gruczoł snu zimowego). Najważniejszą jej funkcją jest wytwarzanie ciepła. Zapewnia odpowiednią temperaturę ciała przy nagłych zmianach metabolicznych – wybudzenie ze snu zimowego lub w czasie porodu. U małych zwierząt, na przykład gryzoni, pozwala na zachowanie odpowiedniej temperatury ciała (Cereijo i in. 2014).



Rysunek 2. Obraz mikroskopowy brunatnej tkanki tłuszczowej kręgowca z okolicy tętnic szyjnych. 1 – depozyt brunatnych adipocytów z charakterystycznymi dla niej drobnymi kroplami tłuszczu.

Fot. Autor

Historyczne badania wskazywały, że tkanka tłuszczowa brunatna u ludzi jest obecna tylko u niemowląt, następnie stopniowo zanika, zachowując tylko kilka niewielkich skupisk u osobników dorosłych. Wnioski takie wysunięto na podstawie aktywności termogenicznej w okolicach nadnerczy. Późniejsze badania z wykorzystaniem FDG PET (2[¹⁸F]-fluoro-2-desoxy-glucose positron emission tomography – fluodeoksyglukoza w badaniu pozytonowej tomografii emisyjnej) dowiodły, że ten obszar ciała jest ubogi w brunatną tkankę tłuszczową i istnieją większe skupiska tej struktury w wyższych partiach ludzkiego ciała (Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484; Wójcik, Górski 2011: 34-40).

Pomimo pełnienia podobnej funkcji (gromadzenie tłuszczów wewnątrz komórki) co adipocyty tkanki białej, adipocyty tkanki brunatnej wywodzą się z innej linii prekursorowej i posiadają wyraźne różnice morfologiczne. Adipocyty brunatne pochodzą z linii miocytarnej, z której wywodzą się również komórki mięśni szkieletowych. Najwyraźniejszą różnicą morfologiczną w stosunku do komórki tłuszczowej białej jest

posiadanie przez adipocyt brunatny licznych, drobnych kropelek tłuszczu, kulistego i położonego w centrum komórki jądra komórkowego oraz wielu mitochondriów o dobrze ukształtowanych grzebieniach. Ponadto organelle te mają w swoim składzie liczne cytochromy, nadające tkance charakterystyczne zabarwienie. Ich stężenie jest porównywalne z tym zawartym w kardiomiocytach – komórkach mięśnia sercowego. Adipocyty brunatne tworzą skupiska otoczone włóknistą tkanką łączną – zraziki, które łączą się w większe struktury – zrazy. Struktury łącznotkankowe okalające zgrupowania brunatnych komórek tłuszczowych są bardzo bogato utkane, zarówno przez naczynia krwionośne jak i włókna nerwowe. Włókna te są głównie typu adrenergiczne i są odpowiedzialne za dostarczanie odpowiednich bodźców z całego ustroju do bardzo aktywnej metabolicznie tkanki. Każdy adipocyt łączy się przynajmniej z jednym naczyniem włosowatym, które ma zdolność do znacznego powiększenia swoich rozmiarów. Ma to szczególne znaczenie w sytuacji, kiedy organizm posiada zwiększone zapotrzebowanie na ciepło generowane w brunatnej tkance tłuszczowej (Cereijo i in. 2014).

Najważniejsza cecha metaboliczna brunatnej tkanki tłuszczowej

Wyraźna różnica morfologiczna między białymi a brunatnymi adipocytami pociąga za sobą również zmianę w metabolizmie i funkcji komórki. Wytwarzanie ciepła ze zgromadzonych depozytów tłuszczowych wymaga zmodyfikowanego metabolizmu mitochondriów. Możliwy jest dzięki obecności w ich strukturze charakterystycznego białka rozprzegającego UCP-1 (uncoupling protein-1 czyli rozprzegacz protonów) nazywanego również termogeniną. Białko to rozdziela procesy gromadzenia energii w ATP od generowania ciepła. UCP-1 należy do grona rozprzegaczy fosforylacji oksydacyjnej, wbudowane jest w wewnętrzną błonę mitochondrium i wytwarza kanał protonowy, przepuszczalny dla jonów wodorowych, rozprzega gradient protonowy powstający w wewnętrzej błonie mitochondrium. Transport protonów przez ten kanał nie powoduje wytwarzania ATP jak w reakcji fosforylacji oksydacyjnej, ale generuje energię cieplną. Proces ten ma duże znaczenie w toku eliminacji ciepła z ustroju w tzw. termogenezie bezdrzeniowej (Cereijo i in. 2014; Stosio i in. 2016: 1389-1403).

Brunatna tkanka tłuszczowa u dorosłych

Obecnie wiemy, że brunatna tkanka tłuszczowa występuje także u osób dojrzałych (Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484). Dowodów na to dostarczyły:

- 1) badania histologiczne prowadzone na tkankach osób zmarłych;
- 2) badania potwierdzające obecność białka UCP-1;
- 3) badania z zastosowaniem FDG PET/CT.

W badaniach histologicznych tkanek osób zmarłych w wieku od 0 do 80 lat, tkankę tłuszczową pobierano z 18 miejsc, w których potencjalnie mogła znajdować się tkanka tłuszczowa brunatna. Były to, m.in.: okolica międzyłopatkowa, szyja, okolica okołobojczykowo-pachowa, nadnercza, okołonerkowa, przyaortalna, sieć większa. Nie stwierdzono, że dla osobników w wieku 0-10 lat tkanka tłuszczowa brunatna występuje u wyraźnie większej ich liczby niż dla osobników w wieku 10-40 lat. Zmniejszyła się ilość jej skupisk, ale sama ta tkanka nigdy nie zanikała całkowicie. Nawet u osobników w wieku 70-80 lat tłuszcz brunatny występował w większości badanych miejsc. Późniejsze badania do-

wiodły także wpływu czynników środowiskowych na obecność tej struktury u dorosłych. Pracownicy fizyczni eksponowani na chłód posiadali BAT, podczas gdy u pracowników biurowych nie stwierdzano jej obecności (Wójcik, Górski 2011: 34-40).

UCP-1 jest bardzo charakterystycznym białkiem dla adipocytów brunatnych i może być użyte w roli markera. Jednak stwierdzenie, że jest jedynym białkiem odpowiedzialnym za możliwości termogenezy brunatnej tkanki tłuszczowej jest zbyt daleko idącym uproszczeniem. Znane są przynajmniej 4 inne homologi termogeniny. Jednakże UCP-1 jest najlepiej opisane. Poznany jest dokładnie też jego region kodujący tak, że można go używać do dokładnego lokalizowania brunatnych adipocytów w ludzkim organizmie. Gen *UCP1* położony jest na 4 chromosomie i zajmuje 9 kb region 4q28-q31, składający się z 6 eksonów i 5 intronów. Gen ten charakteryzuje się polimorfizmem i jest podejrzewany o sprzyjanie otyłości i rozwojowi cukrzycy typu 2 (Marszałek i in. 2016: 149-152).

Badania prowadzone z zastosowaniem FDG PET/CT dają dowody na występowanie brunatnej tkanki tłuszczowej u osób dorosłych oraz pozwalają określić jej aktywność. Osobie badanej podaje się fluodeoksyglukozę (glukozę FDG) – znacznik, który może zostać wykryty w badaniu PET/CT. W komórkach aktywnych metabolicznie glukoza FDG jest pobierana za pośrednictwem glukotransporterów. Wewnątrz komórki zostaje fosforylowana za pomocą heksokinaz, ale nie ulega już dalszym przemianom metabolicznym. Zestawienie badania Pozytonowej Tomografii Emisyjnej (PET) z Tomografem Komputerowym (CT) umożliwia określenie aktywności metabolicznej tkanki czyli wychwytu glukozy FDG. Brunatna tkanka tłuszczowa prowadzi o wiele więcej przemian metabolicznych niż biała tkanka tłuszczowa, pochłaniając o wiele więcej fluodeoksyglukozy, co pozwala na dokładne zlokalizowanie skupisk brunatnych adipocytów i odróżnienie ich od adipocytów białych. Dodatkowo depozyty tłuszczu brunatnego są ułożone symetrycznie w organizmie co umożliwia odróżnienie ich od innych aktywnie metabolicznych tkanek – na przykład nowotworów. Metaanalizy niektórych badaczy stwierdzają jednak, że metoda FDG PET/CT ma małą czułość wykrywania tkanki tłuszczowej brunatnej u dorosłych. Jednak największą wadą jest wymagane aktywowanie adipocytów brunatnych przez ekspozycje na niską temperaturę (Wójcik, Górski 2011: 34-40).

Możliwości terapeutyczne brunatnej tkanki tłuszczowej

Brunatna tkanka tłuszczowa pełni bardzo ważną funkcję w zachowaniu odpowiedniej masy ciała. Występuje w niej tak zwana termogeneza poposiłkowa czyli rozproszenie nadmiaru energii w formie ciepła. Jako że ATP nie jest produkowane dzięki obecności UCP-1 w brunatnych adipocytach, upatruje się w działania tego białka dużego potencjału w leczeniu otyłości (Kajimura i in. 2015).

Inną właściwością mającą duże możliwości terapeutyczne jest transdiferencjacja adipocytów. Nie jest jeszcze do końca wyjaśnione, w jaki sposób komórki tłuszczowe brunatne przekształcają się w komórki tłuszczowe białe, jak również komórki tłuszczowe białe przechodzą w komórki tłuszczowe brunatne, które przecież nie mają wspólnej komórki prekursorowej. Adipocyty brunatne, wywodzące się z linii miocytarnej posiadają czynnik *myf5* (*muscle developmental gene*), podczas gdy komórki tłuszczu brunatnego, wywodzące się z dojrzałych adipocytów białych, nie mają go. Co więcej, znane są adipo-

cyty beżowe czyli komórki tłuszczowe pośrednie pomiędzy adipocytym białym i brunatnym. Mają mieszaną morfologię, na przykład mitochondria typowe dla tkanki białej i brunatnej. Ponadto stwierdza się powstawanie adipocytów beżowych przy ekspozycji organizmu na zimno bez zwiększania ogólnej liczby komórek tłuszczowych co świadczy o ciągnącym się procesie transdiferencjacji (Murawska-Ciałowicz 2017: 466-484).

Poznanie dokładnych mechanizmów stojących za aktywacją procesów rozpraszania energii w brunatnych adipocytach jak i samą transdiferencjacją stwarza ogromne możliwości i otwiera nowe drogi leczenia osób dotkniętych otyłością. Jednak obecny stan wiedzy nie jest wystarczający aby w jakikolwiek praktyczny sposób wykorzystać te informacje. Najnowsze badania muszą się skupiać na dokładnym poznaniu procesu transdiferencjacji, tak aby w zupełnie bezpieczny sposób zwiększać ilość komórek tłuszczu brunatnego kosztem komórek tłuszczu białego.

Podsumowanie

Obecnie postępująca epidemia otyłości jest uważana za przyczynę dużej liczby przypadków cukrzycy typu 2 i chorób układu krwionośnego. Aktualnie leczenie nadwagi skoncentrowane jest na dobraniu odpowiednio zbilansowanej diety i zwiększeniu aktywności fizycznej. Białko UCP-1 charakterystyczne dla brunatnej tkanki tłuszczowej, jest uważane za element niezbędny w utrzymaniu równowag metabolicznej i zachowaniu prawidłowej masy ciała. Zmienność w obrębie genów kodujących UCP-1 może być genetyczną przyczyną otyłości. Pobudzenie adipocytów WAT do transdiferencjacji może być obiecującą i skuteczną metodą leczenia nadwagi. Jednakże obecny stan wiedzy nie pozwala na terapeutyczne wykorzystanie BAT w leczeniu chorób związanych z zbyt dużą masą ciała.

Bibliografia

- Cereijo R., Giralto M., Villarroya F., 2014, *Thermogenic brown and beige/brite adipogenesis in humans*, „Annals of Medicine”.
- Gołąb B., Traczyk W.Z., 1997, *Anatomia i fizjologia człowieka*, Łódź.
- Hammar J. A., 1895, *Contribution to our knowledge of adipose tissue*, „Arch. Mikrosk. Anal.”, 45, s. 512.
- Kajimura S., Spiegelman B.M., Seale P., 2015, *Brown and Beige Fat: Physiological Roles beyond Heat Generation*, „Cell Metabolism”, 22.
- Marszałek A., Rychlik U., Palka M., Dąbrowska M., 2016, *Tłuszcz – biały, brunatny i beżowy: rola w otyłości*, „Diagn Lab”, 52(2), s. 149-152.
- Murawska-Ciałowicz E., 2017, *Tkanka tłuszczowa – charakterystyka morfologiczna i biochemiczna różnych depozytów*, „Postepy Hig Med Dosw”, 71, s. 466-484.
- Sawicki W., 2008, *Histologia*, Warszawa.
- Stosio M., Witkiewicz A., Kowalska A., Karabon L., 2016, *Genetyczne uwarunkowania zaburzonej ekspresji termogeniny (UCP1) w otyłości prowadzącej do zespołu metabolicznego*, „Postepy Hig Med Dosw”, 70, s. 1389-1403.
- Wójcik B., Górski J., 2011, *Brunatna tkanka tłuszczowa u dorosłego człowieka: występowanie i funkcja*, „Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii”, tom 7, nr 1, s. 34-40.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

PAULINA SOBCZYK, GABRIELA SZYPNICKA

Studentki III roku biotechnologii, studia I stopnia

Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów MIKROBY

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Students of the 3rd year of Biotechnology, 1st degree studies

MIKROBY Student Scientific Research Club of Biotechnologists

Jan Kochanowski University in Kielce

Wybrane metody eradykacji wielolekoopornych bakterii patogennych

Review on Selected Methods of Pathogenic Bacteria Eradication

Summary: The problem of multi-resistant strains is one of the fundamental issues in microbiology. The mechanisms, by which microorganisms acquire ability to survive in the antibiotic environment, as well as their dynamics, are well known and constantly monitored, but there is still no effective alternative to antibiotics. New methods of pathogenic bacteria eradication may be based on synthetic compounds (such as Schiff bases). Another option could be the interruption of natural metabolic pathways of bacterial cells, such as cellular signalling or metabolism pathways of iron. The aim of this paper is to describe briefly the presented strategies.

Key words: drug resistance, Schiff bases, Quorum sensing inhibitors, iron metabolism pathways inhibition.

Znaczenie narastającej lekooporności bakterii

Od wprowadzenia pierwszego antybiotyku zaczęto obserwować znaczny wzrost częstości występowania genów oporności na te związki. Szybkość narastania antybio-kooporności i rozprzestrzeniania się szczepów opornych i wieloopornych (ang. MDR – Multidrug resistance) stanowi obecnie jeden z większych problemów współczesnej medycyny. Skalę problemu uwiadczenia przykład bakterii z gatunku *Staphylococcus aureus*. Oporna na metycylinę – beta-laktamowy antybiotyk półsyntetyczny – bakteria (MRSA) jest przyczyną większej liczby zgonów w Stanach Zjednoczonych niż morder-

stwa oraz choroby takie jak choroba Parkinsona, rozedma płucna, HIV/AIDS czy gruźlica łącznie (Ziołek 2007: 1763-1771).

Wyróżnia się dwa typy oporności na antybiotyki – wrodzoną i nabytą, warunkowane różnorodnymi mechanizmami. Oporność naturalna, czyli niewrażliwość gatunków lub rodzajów bakterii na antybiotyki, jest uwarunkowana strukturą komórki np. obecnością struktur ograniczających dotarcie leku do celu. Ten typ obserwuje się najczęściej u bakterii Gram-ujemnych, wykazujących oporność na naturalne penicyliny. Oporność nabyta stanowi większe zagrożenie i ma dwa główne źródła. Pierwszym z nich są zjawiska rekombinacji w obrębie DNA chromosomowego lub mutacje. Mogą one odpowiadać za zmianę struktury miejsca docelowego antybiotyku, hamować ekspresję lub zmieniać strukturę kanałów purynowych, przez które antybiotyk dociera do komórki lub zmieniać ekspresję enzymów inaktywujących lek występujących naturalnie (Davies 2010: 417-433). Drugie źródło, to zdolność komórki bakteryjnej do nabywania obcego DNA poprzez horyzontalny transfer genów (ang. horizontal gene transfer, HGT). Pobrane fragmenty DNA mogą zawierać geny antybiotykooporności, które zostają włączane do chromosomu lub pozostają w niezależnie replikującym się w plazmidzie. Mogą podlegać dalszym mutacjom, co skutkuje dalszą modyfikacją struktur i funkcji komórek bakteryjnych (Frost 2005: 722-732).

Wysocze problematyczne, lekooporne mikroorganizmy, mające duże znaczenie kliniczne zostały w 2008 roku zgrupowane. Grupa ta obejmuje sześć gatunków bakterii wywołujących zakażenia szpitalne *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Enterobacter sp.*, określa je akronim ESKAPE (Boucher 2009: 1-12). Lekooporność można zobrazować na przykładzie jednego gatunku z grupy ESKAPE – *Pseudomonas aeruginosa*. Jest to powszechnie występujący w środowisku Gram-ujemnym patogen wywołujący zakażenia o ciężkim przebiegu u osób z obniżoną odpornością, chorobami nowotworowymi, rozległymi oparzeniami, jak również przewlekłe zapalenie płuc u pacjentów chorych na mukowiscydozę (Lister 2009: 582-610). *P. aeruginosa* posiada naturalną oporność na część antybiotyków β -laktamowych: benzylopenicylinę, aminopenicylinę i ich połączenia z inhibitorami β -laktamaz, cefalosporyny I i II generacji, tetracyklinę (Lister 2009: 600).

Podejmowane próby wprowadzenia na rynek nowych antybiotyków nie są efektywne. W połowie lat 80. XX wieku wprowadzona została nowa generacja antybiotyków β -laktamowych – karbapenemy. Z powodu szerokiego spektrum działania i dobrych parametrów farmakologicznych upatrywano w nich szansę na leczenie pacjentów oddziałów intensywnej terapii zakażonych bakteriami Gram-ujemnymi (Dever 1991: 886-895). Karbapenemy określane były lekami ostatniej szansy. Nadmierne i nieuzasadnione stosowanie antybiotyków spowodowało selekcję szczepów opornych, która gwałtownie narasta w XXI wieku (Johnson 2013: 499-513).

Rozwiązania problemu narastającej lekooporności wśród bakterii patogennych upatruje się w nowoczesnych metodach eradykacji. Do takich zalicza się dziś m.in. wykorzystanie syntetycznych zasad Schiffa i ich kompleksów z metali przejściowymi oraz metod opartych na ingerencji w szlaki metaboliczne bakterii: ingerencji w komunikację *quorum sensing* oraz w szlaki metabolizmu żelaza. Niniejsza praca ma na celu scharakteryzowanie powyżej przedstawionych metod eradykacji patogennych.

Zasady Schiffa i ich kompleksy z metalami przejściowymi

Zasady Schiffa zwane inaczej iminami lub azometinami są produktami kondensacji aldehydów lub ketonów z aminami pierwszorzędowymi (Kumar 2017). Po raz pierwszy zostały opisane w XIX wieku przez Hugo Schiffa, od którego nazwiska przyjęto ich nazwę (Koperek 2008). Zasady Schiffa są związkami ketono- lub aldehydopodobnymi, w których grupa karbonylowa (C=O) została zastąpiona przez grupę iminową (C=N) bądź azometinową (HC=N) (Kalaivani 2012). Ich wzór ogólny to $R^1R^2C=NR^3$, gdzie R oznacza organiczny łańcuch boczny (grupa alkilowa lub aryłowa) (Kumar 2017). Związki, które zawierają podstawniki aryłowe są łatwiej syntetyzowane oraz bardziej stabilne w przeciwieństwie do tych, które zawierają podstawniki alkilowe (Tuli 2015). Są one substancjami łatwymi do wyodrębnienia w stanie krystalicznym (Koperek 2008).

Zasady Schiffa wykazują bardzo dobre właściwości donorowe, jeśli posiadają one w swojej cząsteczce grupę funkcyjną –OH położoną blisko ugrupowania azometinowego. Charakter donorowy ligandu zależy również od rodzaju użytego aldehydu lub ketonu, a także rodzaju aminy pierwszorzędowej. Dzięki takiej budowie zasady Schiffa tworzą trwałe chemicznie kompleksy z metalami. Obecność grupy –OH może także indukować tautomerię związku, co prowadzi do otrzymania związków o różnych strukturach (Koperek 2008; Kumar 2014: 1-4). Kompleksy zasad Schiffa uważane są obecnie za jedno z najważniejszych związków w chemii koordynacyjnej, dzięki tworzeniu trwałych kompleksów z metalami przejściowymi oraz z metalami grup głównych (Tuli 2015). Wielodonorowe ligandy wiążą się z jonem metalu za pomocą kilku atomów donorowych, którymi zazwyczaj są atomy tlenu, siarki czy azotu. Najpopularniejszą metodą otrzymywania kompleksów metali Schiffa jest bezpośrednia reakcja danego jonu metalu w roztworze wodno-alkoholowym bądź alkoholowym z zasadą Schiffa (Anacona 2015: 16-22).

Przykładem może być synteza kompleksów metali Schiffa z Cu(II), Co(II), Ni(II) oraz Cr(III) pochodzących z 2, 6-pyridine dicarboxaldehyde-Thiosemicarbazone z wykorzystaniem metod konwencjonalnych jak również mikrofalowych. Utworzone kompleksy metali z zasadą Schiffa wykazywały dobrą aktywność antybakteryjną wobec bakterii Gram-dodatnich – *Staphylococcus aureus*, bakterii Gram-ujemnych – *Escherichia coli* oraz grzybów – *Aspergillus niger* i *Candida albicans*. Wyniki te wykazały również, że kompleksy metali posiadają większą aktywność bakterioobójczą w porównaniu z samym ligandem zasady Schiffa (Mohammed 2014). Innym przykładem może być przygotowanie kompleksów metali przejściowych Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II) oraz Mn(II) z ligandem zasady Schiffa. W tym przypadku ligand został uzyskany przez kondensację waniliny z 2-aminofenolem w roztworze etanolu. Natomiast kompleksy metali zsyntetyzowano przez odpowiednie dodanie soli kroplami – $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$, $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ we wrzącym etanolu. Następnie za pomocą metody dyfuzyjno-kraźkowej zbadano aktywność antybakteryjną wobec szczepów *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium specie*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus* oraz *Streptococcus pyogenes*. Wyniki wykazały, że dane kompleksy metali przejawiają większą skuteczność przeciwko wykorzystanym drobnoustrojom (Fugu 2013). Zbadano również aktywność biologiczną takich związków jak kompleksy tetrazy makrocyclicz-

nej z miedzią (II) (Assini i in. 2013: 34-40). Aktywność przeciwbakteryjna w tym przypadku została porównana do dwóch antybiotyków – Linezolidu oraz Cefakloru. Omawiane kompleksy zostały uznane za skuteczniej działające przeciwko zarówno bakteriom Gram-ujemnym jak i Gram-dodatnim (Goel 2013).

Metody oparte na ingerencji w szlaki metaboliczne bakterii

Ingerencja w sygnalizację komórkową bakterii

Quorum sensing (QS), czyli sygnalizator wyczuwania liczebności jest systemem komunikacji wykorzystywanym przez bakterie wielu gatunków (Parsek 1999: 4360-4365). Pierwsze badania nad QS dotyczyły dwóch bioluminescencyjnych bakterii morskich *Vibrio fischeri* i *Vibrio harveyi*. Mikroorganizmy te posiadają zdolność świecenia w przypadku dużego zagęszczenia tych szczepów bakteryjnych żyjących w organizmach morskich (Siepeka 2012: 172-181). Umiejętność ta wiązana jest z wytwarzaniem drobnocząsteczkowych substancji sygnałowych zwanych autoinduktorami, a także występowaniu specjalnych receptorów – białek umożliwiających odbiór tych informacji. Po przekroczeniu wartości progowej tych związków, tzw. osiągnięcia kworum ma miejsce zmiana ekspresji genów, która jest konieczna do współpracy całej populacji bakteryjnej. Wytwarzany sygnał chemiczny jest wysyłany do środowiska i odbierany przez bakterie w nim obecne, a także przez komórkę własną. W ten sposób następuje regulacja wielu procesów, na przykład różnicowanie komórek, replikacja DNA, horyzontalny transfer genów, tworzenie przetrwalników, wirulencja, biosynteza metabolitów wtórnych oraz produkcja enzymów czy toksyn. *Quorum sensing* jest więc mechanizmem, który kontroluje procesy fizjologiczne i metaboliczne zachodzące w sferze biofilmu (Daniels 2004: 261-289; Kołwzan 2011: 3-14; Wu 2001: 1105-1113).

Jedną z potencjalnych terapii przeciwdrobnoustrojowych może być hamowanie komunikacji bakteryjnej *quorum sensing* z wykorzystaniem naturalnych oraz syntetycznych inhibitorów (QSI) (Kalia 2013: 224-245). Za ich pomocą możliwa jest kontrola patogenności szkodliwych mikroorganizmów. Liczba związków hamujących QS jest bardzo duża, jednak wymagane są pewne właściwości, które umożliwiają skuteczne stosowanie tych związków. Idealny inhibitor jest cząsteczką o małej masie cząsteczkowej, której aktywność wpływa w znacznym stopniu na zmniejszenie ekspresji genów kontrolowanych przez QS. Po drugie QSI powinien wykazywać aktywność skierowaną wyłącznie przeciwko sygnalizacji *quorum sensing*. Idealny inhibitor powinien być również bezpieczny i nie stanowić żadnego zagrożenia wobec komórek eukariotycznych. Ponadto QSI winien być stabilny chemicznie oraz odporny na metabolizm i usuwanie przez organizm eukariotycznego gospodarza.

Działanie inhibitorów QS zazwyczaj polega na trzech głównych mechanizmach ingerencji w komunikację QS między mikroorganizmami (Rasmussen 2006: 895-904). Pierwszym z nich polega na hamowaniu syntezy autoinduktorów. W szczególności większość inhibitorów hamuje syntezę AHL – cząsteczek sygnalizacyjnych zbudowanych z pierścienia laktonu homoseryny wytwarzanych przez bakterie Gram-ujemne, np. przez związki takie jak sinefungina czy kwas indolo-3-octowy (Christensen 2013: 13815-13820; Myszka 2010, 582-589; Parsek 1999: 4360-4365). Również autoinduktory peptydowe wytwarzane przez bakterie Gram-dodatnie podlegają hamowaniu przez

QSI. Są to głównie drugorzędowe metabolity wydzielane przez grzyby (Nakayama 2009: 580-586). Inną strategią są unieczynnienia lub degradacja substancji sygnałowych za pomocą enzymów oraz przeciwciał. Przykładem może być enzym AHL-laktonaza, który hydrolizuje pierścień laktonu homoseryny w cząsteczce AHL (Kim 2007: 95-101; Wolska 2016: 300-308). Ponadto można także wyróżnić mechanizm, który polega na interferencji inhibitora z receptorem sygnałowym. Powoduje to blokowanie przez inhibitor wiązania autoinduktora z receptorem lub całkowite zniszczenie białka receptorowego. Przykład może stanowić komunikacja wykorzystująca acylowane laktony homoseryny, których aktywność hamowana jest za pomocą goździków zawierających eugenol, czyli organiczny związek chemiczny należący do grupy terpenów (Rasmussen 2006: 895-904; Husain 2013: 835-844; Vattem 2007: 302-310).

Inhibitory, to w większości związki naturalne pochodzące głównie z roślin, zwierząt, grzybów oraz bakterii. Największą pulę stanowią inhibitory syntetyzowane przez rośliny – głównie związki cykliczne. Jedną z ważniejszych właściwości roślinnych związków hamujących jest ich ogromne podobieństwo do idealnych QSI. Większość roślin stanowią gatunki lecznicze oraz jadalne, dzięki czemu cechują się one brakiem toksyczności. Inhibitory mogą być izolowane z różnych części roślin. Związki te posiadają zdolność hamowania komunikacji QS na wszystkich jej etapach (Borchardt 2001: 3174-3179; Vattem 2007: 302-310; Wolska 2016: 300-308). Do najpopularniejszej rośliny wydzielającej inhibitory zaliczamy czerwone algi – *Delisea pulchra*. Izolowane z niej furanony wykazały umiejętność usuwania AHL ze szczepów *Escherichia coli* nadprodukujących LuxR- białkowe regulatory transkrypcyjne występujące u bakterii Gram-ujemnych. Dzięki temu możliwe było hamowanie QS (Manefield 1999: 283-291; Manefield 2002: 1119-1127). Wytworzono również syntetyczne związki furanonowe – furanon C-30, który wykazywał zwiększoną aktywność inhibicyjną wobec systemu QS u *Pseudomonas aeruginosa* (Hentzer 2003: 3803-3815). Natomiast ekstrakt metanolewy siewek grochu okazał się pożyteczny w hamowaniu wytwarzania pigmentu oraz zewnątrzkomórkowej aktywności proteaz u *Chromobacterium violaceum* (Ahmad 2009). Ponadto wykazano również, że ekstrakt liści kasztanowca jadalnego interferuje z systemem *Agr*, który pełni ważną rolę w funkcjonowaniu systemu QS u *Staphylococcus aureus*. Wyciąg ten zawierał głównie pochodne kwasu oleanolowego oraz ursolowego (Quave 2008: 418-428). Również owoce cytrusowe jak grejfrut, pomarańcza czy cytryna wykazują właściwości hamowania QS. Swoją aktywność zawdzięczają glikozylowanym flawonoidom, w których najliczniej występują hesperydyna oraz naryngina (Assini 2013: 34-40; Truchado 2012: 8885-8894). Olej cynamonowy pozyskiwany z cynamonowca cejlońskiego, w którego skład wchodzi aldehyd cynamonowy i jego analogi są inhibitorami QS (Chang 2014: 1-8). Do innych roślin, które znane są z wytwarzania związków hamujących zjawisko Quorum sensing można zliczyć: marchew, czosnek, ryż, soję, paprykę habanero, czarne oliwki, wanilię czy lilię wodną (Ahmad 2009). Wyciągi roślinne dzięki swojemu działaniu przeciwdrobnoustrojowemu oraz hamowaniu komunikacji QS między bakteriami zyskały w ostatnich latach dużą popularność (Hamid 2016: 1-3). Inhibitory QS uzyskiwane są również z grzybów bytujących w symbiozie z korzeniami roślin. Hamujące działanie tych związków opiera się głównie na degradacji pierścienia laktonu homoserynowego (Uroz 2008: 271-278).

Inhibitory QS pochodzenia zwierzęcego, to głównie inhibitory pochodzące od organizmów morskich. Wykazano między innymi, że metabolity wtórne wytwarzane przez gąbkę – *Luffariella variabilis* posiadają umiejętność hamowania QS. Również produkowany alkaloid przez mrówkę ogniwą jest silnym związkiem hamującym QS u *Pseudomonas aeruginosa*. Ponadto wytwarzany przez pszczoły propolis, inaczej kit pszczeli także zawiera aktywność hamującą QS. Do innych zwierząt, które znalazły zastosowanie w inhibicji Quorum sensing można zaliczyć: koralowce (metabolity wtórne), meduzy, ryby morskie oraz drób (kwasy tłuszczowe), a także człowieka (paraksozazy) (Park 2008: 1198-1201; Skindersoe 2008: 56-63; Wolska 2016, 300-308).

Inhibitory pochodzenia bakteryjnego są głównie produkowane przez szczepy bakteryjne należące do rodzajów: *Pseudomonas*, *Bacillus* oraz *Rhizobium*. Jedną z najbardziej znanych substancji hamujących jest heterocykliczny związek chemiczny – indol. Wytwarzany jest przez liczne gatunki drobnoustrojów. Posiada zdolność hamowania QS w szczególności u bakterii Gram-ujemnych – *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter oleivorans*, *Chromobacterium violaceum*. Liczną grupą QSI produkowaną przez bakterie są enzymy. Ich funkcja polega na degradacji autoinduktorów, np. laktonazy, acylazy, reduktazy czy oksydazy cytochromowe (Hidalgo-Romano 2014: 2464-2473; Holden 1999: 1254-1266; Kim 2007: 95-101; Lee 2015: 707-718; Wolska 2016: 300-308).

Ingerencja w szlaki metabolizmu żelaza

Żelazo to pierwiastek niezbędny dla prawidłowego funkcjonowania niemal każdego organizmu żywego. Zapotrzebowanie na żelazo wynika z jego funkcji katalitycznych w komórce. Jego obecność determinuje szereg procesów począwszy od wytwarzania energii, przekazywania elektronów, metabolizmu tlenu, ochrony przed stresem oksydacyjnym po replikację DNA i RNA (Lin 2012: 3-9). Reguluje również biosyntezę witamin, antybiotyków czy toksyn. Do podziału komórek bakteryjnych wystarczające stężenie żelaza wewnątrz komórki jest stosunkowo niewielkie i wynosi $1,8 \times 10^{-6}$ M. Dostępność żelaza dla bakterii jest jednakże ograniczona, dlatego większość mikroorganizmów tlenowych narażona jest na niedobór pierwiastka. Dla bakterii patogennych człowieka zakażenie jest utrudnione również z powodu niskiego stężenia przyswajalnej formy żelaza w surowicy determinowanej przez pH oraz z faktu, iż żelazo formuje kompleksy z białkami je wiążącymi takimi jak hemoglobina, transferyna, laktoferyna i ferrytyna (Ratledge 2000: 881-941).

Bakterie wychwytyją żelazo na dwa sposoby. Jeśli stężenie pierwiastka jest odpowiednio duże, pobieranie zachodzi na drodze swobodnej dyfuzji poprzez błony komórkowe. W warunkach niedoboru syntezowane są siderofory.

Żelazo jest również niezwykle ważnym czynnikiem w tworzeniu biofilmu bakteryjnego. Dowiedziono, iż jest niezbędny dla *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* spp. oraz *Vibrio cholerae* (Lin 2012: 3-9; Johnson 2005: 8211-8215). Biofilm, nazywany również błoną biologiczną, to struktura złożona z przylegających do siebie komórek drobnoustrojów należących do tego samego bądź wielu gatunków lub rodzajów (Hall-Stoodley 2004: 95-108). Konstrukcja ta zabezpieczona jest przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi poprzez wydzielanie polimerycznych substancji zewnątrzkomórkowych (Monds 2009: 73-87). Mikroorganizmy w postaci biofilmu

z łatwością kolonizują implanty chirurgiczne czy cewniki, co w połączeniu ze zwiększoną opornością na działanie środków antybakteryjnych, skutkuje wywołaniem przez drobnoustroje groźnych zakażeń szpitalnych (Soto 2014: 1-13). Bakterie w biofilmie zdolne są do porozumiewania się, za pomocą *quorum sensing*, który reguluje wieloetapowy proces tworzenia biofilmu. Wytwarzanie przez komórkę cząsteczek sygnałowych rozpoczyna proces przylegania pojedynczych komórek bakteryjnych do zasiedlanej powierzchni. Natomiast bez wystarczająco wysokiego stężenia żelaza w środowisku formowanie biofilmu jest mniej intensywne (Banin 2005: 11079).

W celu przyswojenia żelaza bakterie wykorzystują również siderofory (co z języka greckiego oznacza „posiadające żelazo”). Są to związki o niskiej masie cząsteczkowej syntetyzowane zarówno przez bakterie Gram-ujemne, jak i dodatnie w środowisku pozbawionym przyswajalnej formy żelaza. Siderofor wiąże ściśle żelazo na trzecim stopniu utlenienia – Fe (III), a następnie kompleks siderofor – żelazo przenosi się do komórki przez błonę komórkową przy udziale specyficznych receptorów sideroforowych. W cytozolu żelazo na trzecim stopniu utlenienia zostaje zredukowane do przyswajalnego żelaza na drugim stopniu utleniania (Fe II). Siderofor ulega degradacji lub uwolnieniu na zewnątrz komórki (Ahmed 2014: 196-208; Saha 2016: 3984-3999). Siderofory mogą być używane do selektywnego dostarczania antybiotyków do bakterii lekoopornych. Wykorzystywana jest zdolność tworzenia się koniugatu pomiędzy sideroforem a antybiotykiem (Page 2013: 115-126). Strategia ta nazwana nosi nazwę „strategii konia trojańskiego” (THA – the Trojan horse approach). Siderofory charakteryzują się dużą różnorodnością. Obecnie odkryto więcej niż 500 różnych sideroforów, z czego około 270 zostało dobrze poznanych. Trwają intensywne badania nad poznaniem działania pozostałych, u różnych gatunków bakterii. Ich potencjał próbuje się wykorzystać jednak nie tylko w medycynie, ale również w rolnictwie czy biotechnologii środowiska w procesach bioremediacji.

Nie tylko antybiotyki używane są w strategii „konienia trojańskiego”. Wykorzystano mechanizm poszukiwania żelaza przez bakterie zastępując ten pierwiastek innym po części posiadającym podobne właściwości chemiczne – galem. Podobnie jak żelazo, gal wiąże się z białkiem, jednak po dostaniu się do komórki zaburza jej funkcjonowanie unieszkodliwiając drobnoustroj. Gal wypiera żelazo z sideroforu, szczególnie w przypadku zmniejszonego pH spowodowanego infekcją (Sajeed Ali, Vidhale 2013: 303-312).

Podsumowanie

W niniejszej pracy dokonano charakteryzacji wybranych potencjalnych metod eradykacji bakterii, które mogłyby zastąpić coraz mniej skuteczne antybiotyki. Zarówno synteza nowych związków, jak i wykorzystanie tych naturalnych (lub ich odpowiednia modyfikacja chemiczna) wydaje się mieć ogromny potencjał, jednak wciąż niezbędne są odpowiednie badania wyjaśniające mechanizmy działania tych związków, jak i ich wpływ na komórki eukariotyczne. Narastanie wielolekooporności wśród bakterii patogennych jest wynikiem niewłaściwego stosowania antybiotyków. W tym kontekście należy również zwrócić uwagę na możliwości nabywania oporności na przedstawione w pracy czynniki przeciwbakteryjne i dlatego też część z badań powinna skupiać się na ocenie dynamiki tego procesu. Ważna jest również działalność edukacyjna i promująca wiedzę o właściwym wykorzystaniu leków przeciwdrobnoustrojowych.

Bibliografia

- Ahmad I., Aqil F., 2009. *New Strategies Combating Bacterial Infection*, „New Strategies Combating Bacterial Infection”.
- Ahmed E., Holmstrom S. J. M., 2014, *Siderophores in environmental research: roles and applications*, „Microb. Biotechnol.”, nr 7(3), s. 196-208.
- Anacona J. Noriega N., Camus J., 2015, *Synthesis, characterization and antibacterial activity of a tridentate Schiff base derived from cephalothin and sulfadiazine, and its transition metal complexes*, „Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy”, nr 137, s. 16-22.
- Assini J. M., Mulvihill E. E., Huff M. W., 2013, *Citrus flavonoids and lipid metabolism*. „Current Opinion in Lipidology”, nr 24(1), s. 34-40.
- Banin E., Vasil M. L., Greenberg E. P., 2005, *Iron and Pseudomonas aeruginosa biofilm formation*, „Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.”, nr 102(31), s. 11079.
- Borchardt S. A., Allain E. J., Michels J. J., Stearns G. W., Kelly R. F., McCoy W. F., 2001, *Reaction of acylated homoserine lactone bacterial signaling molecules with oxidized halogen antimicrobials*, „Applied and Environmental Microbiology”, nr 67(7), s. 3174-3179.
- Boucher H. W. et al., 2009, *Bad Bugs, No Drugs: No ESKAPE! An Update from the Infectious Diseases Society of America*, „Clin. Infect. Dis.”, vol. 48, nr 1, s. 1-12.
- Chang C. Y., Krishnan T., Wang H., Chen Y., Yin W. F., Chong Y. M., Chan K. G., 2014, *Non-antibiotic quorum sensing inhibitors acting against N-acyl homoserine lactone synthase as druggable target*, „Scientific Reports”, nr 4, s. 1-8.
- Christensen Q. H., Grove T. L., Booker S. J., Greenberg, E. P., 2013, *A high-throughput screen for quorum-sensing inhibitors that target acyl-homoserine lactone synthases*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, nr 110(34), s. 13815-13820.
- Daniels R., Vanderleyden J., Michiels J., 2004, *Quorum sensing and swarming migration in bacteria*, „FEMS Microbiology Reviews”, nr 28(3), s. 261-289.
- Davies J., Davies D., 2010, *Origins and evolution of antibiotic resistance*, „Microbiol. Mol. Biol. Rev.”, vol. 74, nr 3, s. 417-433.
- Dever L. A., Dermody T. S., 1991, *Mechanisms of bacterial resistance to antibiotics*, „Arch. Intern. Med.”, nr 151(5), s. 886-895.
- El-Hamid, M. A., 2016, *A New Promising Target for Plant Extracts : Inhibition of Bacterial Quorum Sensing*, “Journal of Molecular Biology and Biotechnology”, nr 1(1:4), s. 1-3.
- Frost L. S., Leplae R., Summers A. O., Toussaint A., 2005, *Mobile genetic elements: the agents of open source evolution*, „Nat. Rev. Microbiol.”, vol. 3, nr. 9, s. 722-732.
- Fugu M. B., 2013, *Synthesis, characterization, and antimicrobial studies of some vanillin Schiff base metal (II) complexes*, „Journal of Chemical and Pharmaceutical Research”.
- Gilligan P. H., 1991, *Microbiology of airway disease in patients with cystic fibrosis*, „Clin. Microbiol. Rev”, nr 4(1), s. 35-51.

- Goel P., 2013, *Schiff base ligand & their metal complexes as anti microbial agent*, *Journal of chemical, biological physical science*, „An international peer review E-3 journal of Science”.
- Hall-Stoodley L., Costerton J. W., Stoodley P., 2004, *Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases*, „*Nat. Rev. Microbiol.*”, nr 2(2), s. 95-108.
- Hentzer M., Wu H., Andersen J. B., Riedel K., Rasmussen T. B., Bagge N., Givskov M., 2003, *Attenuation of Pseudomonas aeruginosa virulence by quorum sensing inhibitors*, „*EMBO Journal*”, 22(15), s. 3803-3815.
- Hidalgo-Romano B., Gollihar J., Brown S. A., Whiteley M., Valenzuela E., Kaplan H. B., McLean R. J. C., 2014, *Indole inhibition of N-acylated homoserine lactone-mediated quorum signalling is widespread in Gram-negative bacteria*, „*Microbiology (United Kingdom)*”, nr 160, s. 2464-2473.
- Holden M. T., Ram Chhabra S., de Nys R., Stead P., Bainton N. J., Hill P. J., Williams P., 1999, *Quorum-sensing cross talk: isolation and chemical characterization of cyclic dipeptides from Pseudomonas aeruginosa and other gram-negative bacteria*, „*Molecular Microbiology*”, nr 33(6), s. 1254-1266.
- Husain F. M., Ahmad I., Asif M., Tahseen Q., 2013, *Influence of clove oil on certain quorum-sensing-regulated functions and biofilm of Pseudomonas aeruginosa and Aeromonas hydrophila*, „*Journal of Biosciences*”, nr 38(5), s. 835-844.
- Johnson A. P., Woodford N., 2013, *Global spread of antibiotic resistance: The example of New Delhi metallo- β -lactamase (NDM)-mediated carbapenem resistance*, „*J. Med. Microbiol.*”, nr 62, s. 499-513.
- Johnson M., Cockayne A., William P. H., Morrissey J., 2005, *Iron-Responsive Regulation of Biofilm Formation*, nr 187(23), s. 8211-8215.
- Kalaivani S., Priya N. P., Arunachalam S., 2012, *Schiff bases: facile synthesis, spectra characterization and biocidal studies*, „*IJABPT*”.
- Kalia V. C., 2013, *Quorum sensing inhibitors: An overview*, „*Biotechnology Advances*”, nr 31(2), s. 224-245.
- Kim J. S., Kuk E., Yu K. N., Kim J. H., Park S. J., Lee H. J., Cho M. H., 2007, *Antimicrobial effects of silver nanoparticles*, „*Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*”, nr 3(1), s. 95-101.
- Kołwzan B., 2011, *Analiza zjawiska biofilmu – Warunki jego powstawania i funkcjonowania*, „*Ochrona Srodowiska*”, nr 33(4), s. 314.
- Koperek K., Kurzak K., 2008, *Kompleksy metali z czterodonorowymi zasadami Schiffa*.
- Kumar J., Rai A., Raj V., 2017, *Comprehensive Review on the Pharmacological Activity of Schiff Base Containing Derivative*, „*Organic and Medicinal Chemistry*”, nr 1(3).
- Kumar R., 2014, *Review on Synthesis and Application of Schiff base and its transition metal complexes*, „*Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*”, nr 2, s. 1-4.
- Lee J. H., Wood T. K., Lee J., 2015, *Roles of indole as an interspecies and interkingdom signaling molecule*, „*Trends in Microbiology*”, nr 23(11), s. 707-718.

- Lee J.-H., Kim Y.-G., Cho M. H., Wood T. K., Lee J., 2011, *Transcriptomic Analysis for Genetic Mechanisms of the Factors Related to Biofilm Formation in Escherichia coli O157:H7*, „Current Microbiology”, nr 62(4), s. 1321-1330.
- Lin M. H., Shu J. C., Huang H. Y., Cheng Y. C., 2012, *Involvement of iron in biofilm formation by staphylococcus aureus*, „PLoS One”, nr 7(3), s. 3-9.
- Lister P. D., Wolter D. J., Hanson N. D., 2009, *Antibacterial-resistant Pseudomonas aeruginosa: clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms*, „Clin. Microbiol. Rev.”, nr 4, s. 582-610.
- Manefield M., De Nys R., Kumar N., Read R., Givskov M., Steinberg P., Kjelleberg S., 1999, *Evidence that halogenated furanones from Delisea pulchra inhibit acylated homoserine lactone (AHL)-mediated gene expression by displacing the AHL signal from its receptor protein*, „Microbiology”, 145(2), s. 283-291.
- Manefield M., Rasmussen T. B., Henzter M., Andersen J. B., Steinberg P., Kjelleberg S., Givskov M., 2002, *Halogenated furanones inhibit quorum sensing through accelerated LuxR turnover*, „Microbiology”, nr 148(4), s. 1119-1127.
- Mohammed A., 2014, *Microwave Synthesis & Antimicrobial Activity of Some Cu(II),Co(II),Ni(II) & Cr(III) complexes with Schiff base 2,6- pyridinedicarboxaldehyde Thiosemicabazone*, „Oriental Journal Of Chemistry”.
- Monds R. D., O’Toole G. A., 2009, *The developmental model of microbial biofilms: ten years of a paradigm up for review*, „Trends Microbiol.”, nr 17(2), s. 73-87.
- Myszka K., Czaczyk K., 2010, *Mechanizm quorum sensing jako czynnik regulujący wirulencję bakterii Gram-ujemnych*, „Postepy Hig Med Dosw”, nr 64, s. 582-589.
- Nakayama J., Uemura Y., Nishiguchi K., Yoshimura N., Igarashi Y., Sonomoto K., 2009, *Ambuic acid inhibits the biosynthesis of cyclic peptide quormones in gram-positive bacteria*, „Antimicrobial Agents and Chemotherapy”, 53(2), s. 580-586.
- Page M. G. P., 2013, *Siderophore conjugates*, „Ann. N. Y. Acad. Sci.”, nr 1277, s. 115-126.
- Park J., Kaufmann G. F., Bowen J. P., Arbiser J. L., Janda K. D., Solenopsis A., 2008, *Venom Alkaloid from the Fire Ant Solenopsis invicta, Inhibits Quorum Sensing Signaling in Pseudomonas aeruginosa*, „The Journal of Infectious Diseases”, nr 198(8), s. 1198-1201.
- Parsek M. R., Val D. L., Hanzelka B. L., Cronan J. E., Greenberg E. P., 1999, *Acyl homoserine-lactone quorum-sensing signal generation*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, nr 96(8), s. 4360-4365.
- Quave C. L., Plano L. R. W., Pantuso T., Bennett B. C., 2008, *Effects of extracts from Italian medicinal plants on planktonic growth, biofilm formation and adherence of methicillin-resistant Staphylococcus aureus*, „Journal of Ethnopharmacology”, nr 118(3), s. 418-428.
- Rasmussen T. B., Givskov M., 2006, *Quorum sensing inhibitors: A bargain of effects*, „Microbiology”, nr 152(4), s. 895-904.
- Ratledge C., Dover L. G., 2000, *Iron metabolism in pathogenic bacteria*, „Annu. Rev. Microbiol.”, nr 54, s. 881-941.
- Saha M., Sarkar S., Sarkar B., Sharma B. K., Bhattacharjee S., Tribedi P., 2016, *Microbial siderophores and their potential applications: a review*, „Environ. Sci. Pollut. Res.”, nr 23(5), s. 3984-3999.

- Sajeed Ali S., Vidhale N. N., 2013, *Bacterial Siderophore and their Application: A review*, „Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.”, nr 2(12), s. 303-312.
- Sieпка M., Gładkowski W., 2012, *Zjawisko quorum sensing*, ResearchGate, s. 172-181.
- Skindersoe M. E., Ettinger-Epstein P., Rasmussen T. B., Bjarnsholt T., De Nys, R., Givskov M., 2008, *Quorum sensing antagonism from marine organisms*, „Marine Biotechnology”, nr 10(1), s. 56-63.
- Soto S. M., 2014, *Importance of Biofilms in Urinary Tract Infections: New Therapeutic Approaches*, „Adv. Biol.”, nr. 2014, s. 1-13.
- Truchado P., Giménez-Bastida J. A., Larrosa M., Castro-Ibáñez I., Espin J. C., Tomás-Barberán F. A., Allende A., 2012, *Inhibition of quorum sensing (QS) in yersinia enterocolitica by an Orange extract rich in glycosylated flavanones*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, nr 60, s. 8885-8894.
- Tuli H. S., 2015, *Schiff bases as an antimicrobial agent: A review*, ResearchGate.
- Uroz S., Heinonsalo J., 2008, *Degradation of N-acyl homoserine lactone quorum sensing signal molecules by forest root-associated fungi*, „FEMS Microbiology Ecology”, nr 65, s. 271-278.
- Vattem D. A., Mihalik K., Crixell S. H., McLean R. J. C., 2007, *Dietary phytochemicals as quorum sensing inhibitors*, „Fitoterapia”, nr 78(4), s. 302-310.
- Wolska K., Kot B., Piechota M., Frankowska A., 2013, *Oporność Pseudomonas aeruginosa na antybiotyki*, „Postepy Hig. Med. Dosw.”, nr 67, s. 1300-1311.
- Wolska K. I., Grudniak A. M., Markowska K., 2016, *Związki interferujące z bakteryjnymi systemami i ich potencjalna funkcja terapeutyczna*, Post. Mikrobiol., nr 55(3), s. 300-308.
- Wu H., Song Z., Givskov M., Doring G., Worlitzsch D., Mathee K., Høiby N., 2001, *Pseudomonas aeruginosa mutations in lasI and rhII quorum sensing systems result in milder chronic lung infection*, „Microbiology (Reading, England)”, nr 147, s. 1105-1113.
- Ziołek M., Kubick J., Maciejewski A., Naskręcki R., Grabowska A., Klevens R. et al, 2007, *Invasive methicillin-resistant staphylococcus aureus infections in the united states*, „JAMA”, vol. 298, nr 15, s. 1763-1771.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

MAGDALENA STAWIARZ

Studentka I roku biotechnologii, studia II stopnia
Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów MIKROBY
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of the 1st year of Biotechnology, 2nd grade studies
MIKROBY Student Scientific Research Club of Biotechnologists
Jan Kochanowski University in Kielce

Biosensory do detekcji sygnałów chemicznych gęstości populacji bakteryjnych

Biosensors for Detecting Chemical Signals of Bacterial Populations Density

Summary: The term quorum sensing means intercellular communication between Gram-positive and Gram-negative bacteria. This phenomenon involves the secretion into the environment of chemical signal molecules called auto-inductors. The concentration of the auto-inductors is directly proportional to the concentration of the bacterial population. As researches show, auto-inductor molecules are involved in regulation of numerous virulence factors of pathogenic bacteria, which makes interference in the above-mentioned communication system a potential method of bacterial cell eradication. For this reason, it seems rational to design effectively the methods of detection and analysis of signal molecules. This paper summarizes the most important achievements in the field of designing biosensors for quorum sensing auto-inductors.

Key words: quorum sensing, biosensors, detection of auto-inductors.

Wprowadzenie

Quorum sensing (QS) jest sposobem komunikacji komórkowej wykorzystywanym przez bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne. Związany jest on ściśle z „poczuciem gęstości” populacji drobnoustrojów i polega na zmianach metabolicznych komórek bakteryjnych, w odpowiedzi na wzrastające stężenie chemicznych cząsteczek, nazywanych autoinduktorami QS. Autoinduktory QS wydzielane są przez bakterie do środowiska ich bytowania, gdzie swobodnie dyfundują i mogą być wychwytywane przez

komórki innych bakterii. Badania pokazały, że wzrost stężenia autoinduktorów skorelowany jest ze wzrostem ilości komórek bakteryjnych w środowisku (Myszka 2010: 582-589).

Zjawisko QS wynika z ekspresji genów syntetaz autoinduktorów (geny *luxI* lub *luxS*) oraz rodziny genów kodujących regulatory transkrypcyjne (*luxR*). Autoinduktorami wykorzystywanymi w QS przez bakterie są acylowane lakony homoseryny (AHL), czyli cząsteczki sygnałowe zbudowane z pierścienia laktonu homoseryny, który jest acylowany w pozycji α łańcuchem tłuszczowym o różnej liczbie atomów węgla. Cząsteczki AHL określa się terminem autoinduktorów typu 1 (AI-1). Autoinduktory typu I syntetyzowane są przez białka LuxI (Myszka 2010: 583). Natomiast bakterie Gram-dodatnie porozumiewają się za pomocą sygnałów oligopeptydowych, które powstają w wyniku trawienia większych prekursorów białkowych (Monnet 2015: 181-184). Przykładem autoinduktorów produkowanych zarówno przez bakterie Gram-ujemne jak i Gram-dodatnie są cząsteczki określane jako autoinduktory typu 2 (AI-2). Tego typu cząsteczki syntetyzowane są z udziałem białka LuxS i prawdopodobnie stanowią czynnik komunikacji międzygatunkowej bakterii (Pereira 2013: 15-18).

Mechanizm QS zaangażowany jest w regulację wielu szlaków metabolicznych komórek bakteryjnych. Najczęściej wiązany jest ze zdolnością bakterii do formowania biofilmu, czyli struktury składającej się głównie z cukrów i białek, otaczającej aglomeraty komórek bakteryjnych i stanowiącej dla nich czynnik ochronny (Myszka 2010: 582-589). Formowanie biofilmu jest stosunkowo skomplikowanym i wieloetapowym procesem, który jednak zapewnia komórkom bakteryjnym skuteczną ochronę. Po zakończeniu biogenezy biofilmu, z jego dojrzałej formy uwalniane są komórki, które kolonizują kolejne terytorium, a o potrzebie ich uwolnienia ze struktury informują cząsteczki sygnałowe QS. Cząsteczki autoinduktorów regulują również ekspresję wielu genów, odpowiedzialnych za wywoływanie infekcji, tzw. czynników wirulencji. W genomach wielu bakterii występują geny kodujące homologii *luxR* oraz *luxI*, które odpowiedzialne są za regulację takich czynników wirulencji jak ramnolipidy i biosurfaktanty (czynniki odgrywające różne role w ruchliwości komórek bakterii patogennych), wiele białek sekrecyjnych, licznych enzymów, w tym enzymów litycznych, toksyn, a także polisacharydów wschodzących w skład macierzy biofilmu (Myszka 2010: 582-589).

Z uwagi na istotną rolę jaką odrywa QS w patogenezie wielu gatunków ważne jest prowadzenie szeroko zakrojonych badań nad tym zjawiskiem. Sugeruje się, że interferencja w szlaki sygnałowe komórek może stanowić potencjalną metodę, która miałaby zastąpić coraz mniej skuteczne antybiotyki. Taki efekt mógłby zostać osiągnięty poprzez zastosowanie inhibitorów syntezy autoinduktorów, analogów cząsteczek sygnałowych lub czynników je degradujących (Myszka 2010: 587). Ze względu na to, racjonalne wydaje się projektowanie odpowiednich biosensorów umożliwiających szybką detekcję i śledzenie procesów związanych z QS. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie głównych osiągnięć w zakresie zaprezentowanego tematu oraz charakterystyka najważniejszych przykładów biosensorów stosowanych w badaniach naukowych.

Detekcja laktonów homoseryny

Biosensory cząsteczek AHL można podzielić na biosensory komórkowe (ang. *whole-cell biosensors*) oraz bezkomórkowe (ang. *cell-free biosensors*). Pierwszą z przedstawionych grup podzielić należy dodatkowo na dwie kategorie, tj. biosensory

komórkowe dostępne komercyjnie oraz takie biosensory, które zostały stworzone przez zespoły naukowców metodami biologii molekularnej i wykorzystywane zostały w trakcie realizacji najczęściej pojedynczego projektu naukowego.

Komercyjnie dostępne biosensory komórkowe

Chromobacterium violaceum jest Gram-ujemną bakterią wzrastającą w postaci fioletowych kolonii. Fioletowe zabarwienie jest wynikiem obecności pigmentu – wiołaceiny, którego produkcja jest możliwa na skutek ekspresji genów operonu *vio*. Ekspresja genów operonu *vio* indukowana jest przez cząsteczki autoinduktorowe QS. Z uwagi na łatwe śledzenie efektów tego procesu, *C. violaceum* jest często wykorzystywana jako modelowy organizm w badaniach skupiających się na zjawisku QS (Kothari 2017: 744-752). Szczep *C. violaceum* CV026 jest mutantem występującego w środowisku naturalnym szczepu tego gatunku. W jego genom wprowadzono na zasadzie mutagenyzy transpozonowej element genetyczny mini-Tn5, przez co szczep ten nie produkuje wiołaceiny w sposób ciągły. Produkcja wiołaceiny jest wznawiana, gdy CV026 hodowany jest w obecności egzogennych cząsteczek autoinduktorów QS (McClean i in. 1997: 3703-3711). Szczep CV026 został opracowany przez zespół naukowców z Uniwersytetu w Nottingham (McClean i in. 1997: 3703-3711) i jest dostępny w m.in. Angielskiej Narodowej Kolekcji Kultur Typowych (National Collection of Type Cultures) pod numerem NCTC 13278 (<https://www.phculturecollections.org.uk/products/bacteria/detail.jsp?refId=NCTC+13278&collection=nctc>). *Chromobacterium violaceum* CV026 jest jednym z najczęściej wykorzystywanych biosensorów w badaniach na zjawiskiem QS. Szczep ten jest używany w początkowym etapie *screeningu* związków blokujących sygnalizację komórkową poprzez cząsteczki AHL i stanowi doskonały biosensor krótkołańcuchowych (C4 do C6) cząsteczek AHL (Steindler 2007: 1-9). Został on wykorzystany m.in. przez Vasavi i współpracowników (Vasavi 2013: 954-959), którzy badali potencjał etanolowych ekstraktów izolowanych z czaszki kuminowej (*Syzygium cumini* L.) oraz korzeniaka lekarskiego (*Pimenta dioica* L.). Wstępny *screening* został przeprowadzony z wykorzystaniem CV026 w podłożu mikrobiologicznym suplementowanym, cząsteczkami AHL, posiadającymi łańcuch długości 6 węgli. Następnie wynik został potwierdzony z zastosowaniem szczepu *C. violaceum* ATCC12472. Wykazano całkowite zahamowanie produkcji barwnika wiołaceiny przez szczep ATCC12472 w obecności badanych ekstraktów (w stężeniach 0,75-1,0 mg/ml). Powyższy efekt nie był powiązany z wpływem związków obecnych w etanolowych ekstraktach z cząsteczki na wzrost szczepów ani z inhibicją produkcji autoinduktorów QS (Vasavi 2013: 954-959). Szczep CV026 został również wykorzystany do poszukiwania inhibitorów QS w ekstrakcie uzyskanym z nasion *Vanilla planifolia* (Andrews Choo 2006: 37-642), pigmentów wyekstrahowanych z uszaka bzowego (*Auricularia auricular*) (Zhu 2011: 269-274) oraz w olejkach eterycznych (Szabo 2010: 782-786).

W powyższych przypadkach *C. violaceum* CV026 został wykorzystany w badaniach potencjalnych inhibitorów QS, jednak szczep ten stanowić może również czynnik wykrywający producentów cząsteczek sygnałowych. Przykładem tego typu zastosowania szczepu CV026 mogą być badania Nievasa i współpracowników (Nievas 2012: 2851-2873), którzy wykorzystali CV026 do poszukiwania bakterii nodulujących korze-

nie orzecha podziemnego (*Arachis hypogaea*) wykazujących zdolność do produkcji cząsteczek sygnałowych QS. W tym eksperymencie *C. violaceum* CV026 pełnił funkcję biologicznego detektora krótkołańcuchowych cząsteczek AHL. W badaniach Anbazhagan i współpracowników (Anbazhagan 2012), szczep CV026 został wykorzystany do oceny biosyntezy autoinduktorów QS przez tworzące biofilm szczepy należące do rodzaju *Acinetobacter* spp. *Chromobacterium violaceum* CV026 posłużył również jako biosensor QS w badaniach zespołu Martinelliego (Martinelli 2004: 1-10), który skupiał się na określaniu relacji między strukturą autoinduktorów QS a mechanizmami sygnalizacji międzykomórkowej. W powyższej pracy zastosowano szereg naturalnych i syntetycznych pochodnych furanoz.

Kolejnym często stosowanym szczepem jest *Agrobacterium tumefaciens* NTL4 noszący rekombinowany plazmid pZLR4. W przypadku tego szczepu analiza obecności autoinduktorów QS możliwa jest poprzez obserwację ekspresji enzymu β -galaktozydazy (enzym kodowany przez *lacZ*). Biosynteza tego enzymu regulowana jest przez operon genu *tral* i do ekspresji genu *lacZ* dochodzi w obecności cząsteczek sygnałowych QS. Enzym β -galaktozydaza odpowiedzialny jest za hydrolizę laktozy. Rozpoznaje on również i hydrolizuje analog tego cukru 5-bromo-4-chloro-3-indonylo β -D-galaktopiranozyd (X-Gal). W wyniku enzymatycznej hydrolizy X-Gal powstaje barwny, niebieski produkt (Yin i in. 2012: 14307-14314). Szczep *A. tumefaciens* NTL4 został zdeponowany w Amerykańskiej Kolekcji Kultur Typowych (American Type Culture Collection, ATCC). W zasobach tej kolekcji dostępny jest jako *Rhizobium radiobacter* ATCC BAA-2240 (https://www.lgcstandards-atcc.org/products/all/BAA-2240.aspx?geo_country=pl). Odmienne nazwy mogą wydawać się mylące, a wynikają z uwarunkowań dotyczących pierwszeństwa dla nazw historycznie pierwszych (Tindall 2014: 3590). *Agrobacterium tumefaciens* NTL4 może być transformowany również innymi plazmidami (Kawaguchi i in. 2008: 3667-3671).

W badaniach dotyczących QS szczep NTL4 stosowany jest komplementarnie do CV0267 ze względu na to, że jest biosensorem długołańcuchowych cząsteczek AHL (Nievas 2012: 2851-2873). Szczep ten często znajduje zastosowanie jako jedyny biosensor w analizowanym układzie. Yin i współpracownicy (Yin 2012: 14307-14314) wykorzystali *A. tumefaciens* NTL4(pZLR4) do określenia produkcji długołańcuchowych AHL przez bakterie należące do rodzaju *Enterobacter* sp. wyizolowane z powierzchni języków pacjentów. Szczep NTL4(pZLR4) posłużył także jako biosensor w badaniu potencjału bakterii wyizolowanych z kultur larw wielu gatunków znajdujących się w wylęgarniach małż na terenie Hiszpanii, jako mikroorganizmów degradujących cząsteczki sygnałowe AHL. W tym eksperymencie wyizolowano szczep należący do rodzaju *Thalassomonas*. Izolat ten wykazywał silną zdolność do degradacji autoinduktorów QS produkowanych zarówno przez niepatogenne, jak i patogenne bakterie (Torres 2013: 547-554).

Projektowanie nowych biosensorów

Szczep *C. violaceum* CV026 oraz *A. tumefaciens* NTL4(pZLR4) mają charakter uniwersalnych biosensorów o szerokim zakresie zastosowania. Często jednak z wykorzystaniem metod biologii molekularnej tworzone są biosensory wykazujące wyższą

specyficzność. W takich przypadkach organizmem, który jest modyfikowany są najczęściej szczepu *Escherichia coli* (Steindler 2007: 1-9). Gatunek ten jest doskonałym organizmem modelowym o szerokim zastosowaniu w badaniach mikrobiologicznych, genetycznych oraz w biotechnologii. Wiele zmodyfikowanych genetycznie szczepów jest dostępnych komercyjnie (Blount 2015: 1-12).

Konstruowanie biosensorów na bazie szczepów *E. coli* polega na wprowadzeniu do tego mikroorganizmu elementów genetycznych, które w odpowiedzi na obecność autoinduktorów QS będą ulegały ekspresji i generowały silny sygnał w pomiarze, z dużą dokładnością korelujący ze stężeniem cząsteczek sygnałowych. Element taki powinien składać się z genu regulatora transkrypcyjnego (*luxR*) rozpoznającego cząsteczki AHL, który nimi aktywowany indukuje ekspresję genów reporterowych poprzez oddziaływanie z odpowiednim promotorem. Przed genem *luxR* znajdować powinien się promotor umożliwiający konstytutywną (stałą) ekspresję regulatora, natomiast ekspresja genów reporterowych zależna będzie jedynie od obecności właściwych cząsteczek sygnałowych i ich interakcji z białkiem LuxR. Genami reportertowymi, które są najczęściej wykorzystywane są geny kodujące wspomniany wcześniej enzym β -galaktozydazy (gen *lacZ*), enzym lucyferazę (operon *lucCDABE*) lub białko zielonej fluorescencji (ang. *green fluorescence protein*, GFP). Takie geny reporterowe charakteryzują się łatwością śledzenia ekspresji i stabilnością oraz możliwością analizy ilościowej z zastosowaniem metod spektrofotometrycznych (Steindler 2007: 1-9; Kumar 2017). Szczep *E. coli* MG4 jest przykładem biosensora, który pozwala na badania nad zjawiskiem QS poprzez ekspresję genu kodującego β -galaktozydazę. Zdolny jest on do detekcji długołańcuchowych AHL (od 8 do 14 węgli w łańcuchu), jednak nie odpowiada na obecność cząsteczek sygnałowych o krótszej budowanie łańcucha. W badaniach Kumara i współpracowników (Kumar 2011: 208-213) MG4 został wykorzystany do *screeningu* cząsteczek autoinduktorów produkowanych przez szczepu *Pseudomonas aeruginosa* wyizolowane od pacjentów cierpiących na zakażenia układu moczowego.

Kolejnym przykładem biosensora opracowanego w szczepie *E. coli* mogą być dwa szczepu posiadające plazmidy gwarantujące ekspresję enzymu lucyferazy w odpowiedzi na krótko- i długołańcuchowe AHL. W powyższym przykładzie zastosowano pomiar bioluminescencji generowanej przez enzym lucyferaza. Plazmidy posiadały wklonowane geny odpowiedzialne za komunikację QS pochodzące ze szczepów *Photobacterium fischeri* ATCC 7744 oraz *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, natomiast operon *lucCDABE* pochodził ze szczepu *Photobacterium luminescens* ATCC 29999 (Sivasothy 2016: 391). Innymi biosensorymi wykazującymi bioluminescencję są szczepu *E. coli* noszące plazmidy pSB401 oraz pSB1075 (Cheng 2014: 12511-12522).

Biosensorem, w którym ekspresja GFP jest indukowana w obecności cząsteczek AHL jest szczep *E. coli* Top 10 posiadający plazmid składający się z genu *luxR* ulegającego konstytutywnej ekspresji z udziałem promotora Petr. Białko LuxR rozpoznaje i wiąże cząsteczki AHL o łańcuchu składającym się z 3 atomów węgla i następnie indukuje ekspresję GFP poprzez interakcje z promotorem *luxPR* pochodzącym z *Vibrio fischeri*. Biosensor został wykorzystany do poszukiwania inhibitorów komunikacji QS w ekstraktach roślinnych (Omwenga 2017: 1-19).

Natomiast stworzony przez Changa i współpracowników (Chang 2014: 7245) produkt posłużył jako narzędzie do *screeningu* związków będących inhibitorami syntetaz

autoinduktorów QS. Zastosowali oni szczep *E. coli* MG1655, który nie posiadał zdolności do produkcji cząsteczek AHL. Do szczepu wprowadzono dwa plazmidy, pBAD-lasI oraz pBad-rhlI, w które wklonowano geny syntetaz AHL pochodzących z *Pseudomonas aeruginosa*. Ekspresja tych genów regulowana była przez promotor wrażliwy na L-arabinozę.

Biosensory bezkomórkowe

Bezkomórkowe biosensory QS mogą znaleźć swoje zastosowanie w diagnostyce laboratoryjnej. Przykładem może być mukowiscydoza – genetyczna choroba, która charakteryzuje się nadmierną produkcją śluzu m.in. w płucach pacjentów. Śluz taki stanowi doskonałe warunki do wzrostu bakterii. Istotną przyczyną umieralności pacjentów są właśnie powracające infekcje. Dlatego szybka detekcja i analiza ilościowa patogenów w próbkach pobranych od pacjentów z mukowiscydozą jest istotnie ważnym zagadnieniem. Wen wraz ze współpracownikami (Wen 2017: 2293-2301) zaprezentował biosensor z wysoką czułością (na poziomie nanomolarnym) wykrywający obecność 3OC12-HSL. Omawiany biosensor oparto na DNA i działa na zasadzie bezkomórkowego systemu ekspresyjnego, w którym zastosowano elementy kodujące składowe systemu QS ze szczepu *P. aeruginosa* PAO1. W odpowiedzi na obecność laktonów homoseryny następuje regulowana przez LasR ekspresja białka zielonej fluorescencji (GFP). Ekspresja białka GFP i mierzalny poziom fluorescencji jest proporcjonalny do stężenia autoinduktorów QS obecnych w badanej próbce. Inny, bezkomórkowy system detekcji cząsteczek AHL opracowany przez Kawaguchi i współpracowników (Kawaguchi i in. 2008: 3667-3671) został oparty na lizacie komórek szczepu *A. tumefaciens* NTL4(pCF218)(pCF372). Lizat taki zawiera wszystkie składniki komórkowe niezbędne do ekspresji genów w warunkach *in vitro*.

Wykazano jego wysoką skuteczność w szybkiej analizie wielu próbek. Z wykorzystaniem analizy spektrofotometrycznej czas detekcji cząsteczek AHL może zostać skrócony nawet do 3 godzin. W podobny sposób opracowano bezkomórkowy biosensor cząsteczek QS syntetyzowanych przez *Streptomyces coelicolor*. W tym przypadku ekspresja białka zielonej fluorescencji jest możliwa przez składniki lizatu z komórek szczepu *E. coli* S30 zawierającego odpowiednie elementy genetyczne wchodzące w skład systemu komunikacji QS charakterystycznego dla *S. coelicolor* (Yang i in. 2009: 6367-6372).

Detekcja autoinduktorów bakterii Gram-dodatnich

W większości przypadków peptydy stanowiące autoinduktory QS zostały scharakteryzowane z zastosowaniem klasycznych chemicznych metod analitycznych, jednak ich detekcja możliwa jest również z zastosowaniem odpowiednich biosensorów. Przykładowo dwa biosensory zostały opracowane z wykorzystaniem szczepu *Streptococcus mutans* GS5. Szczep ten posiada mutację, która powoduje u niego inhibicję syntezy białkowych autoinduktorów, jednak nie hamuje możliwości odpowiedzi na ich obecność. Oba biosensory oparte na GS5 transformowane są plazmidami, w których dochodzi do ekspresji genu *lacZ* poprzez dwa promotory indukowane przez białkowe autoinduktory (promotor operonów *comDE* oraz *nImAB*).

Peptydy zaangażowane w QS mogą być również analizowane ilościowo z wykorzystaniem biosensora produkującego bakteriocyny. Stężenie wyprodukowanej bakteriocyny jest proporcjonalne do stężenia białkowych autoinduktorów i wyrażone poprzez aktywność przeciwbakteryjną komórek pozbawionych supernatantów po hodowli szczepu będącego biosensorem (Verbeke 2017: 1-18). Innym przykładem biosensora białkowych cząsteczek sygnałowych może być szczep *Enterococcus faecalis*, który posiada odpowiednie plazmidy z wklonowanym operonem *lucCDABE* będącym pod kontrolą promotorów reagujących na obecność autoinduktorów QS (La Rosa 2015: 1-18).

Detekcja autoinduktorów typu 2 (AI-2)

Przykładami komórkowych biosensorów autoinduktorów AI-2 mogą być szczepy *Vibrio harveyi* BB170 oraz *V. harveyi* MM32. Szczepy te generują bioluminescencję w odpowiedzi na cząsteczki AI-2, jednak pierwszy z nich jest również producentem cząsteczek sygnałowych, dlatego wyniki pomiarów z jego wykorzystaniem należy odnosić do próbki kontrolnej (hodowla BB170 bez dodatku badanego czynnika), co jest zbędne dla MM32, ponieważ wykazuje on bioluminescencję jedynie w obecności egzogennych cząsteczek autoinduktorów (Rai 2015:173-183). Biosensory AI-2 również mogą być projektowane z wykorzystaniem metod biologii molekularnej, czego przykładem jest biosensor opracowany przez Weiland-Bräuer i współpracowników (Weiland-Brouer i in. 2015: 1477-1489). Wykorzystał on szczep *E. coli* Dh5 α , do którego wprowadzono plazmid zawierający letalny gen *ccdB*. Gen ten ulegał ekspresji poprzez promotor regulowany przez cząsteczki sygnałowe QS. Tak zmodyfikowany szczep Dh5 α był niezdolny do wzrostu w obecności cząsteczek AI-2.

Detekcja autoinduktorów typu 2 może również odbywać się w systemach, w których dokonuje się pomiaru fluorescencji generowanej przez białka fluorescencyjne. Taki biosensor został opracowany przez Rauta i współpracowników. Podstawą działania biosensora są oddziaływania AI-2 z receptorem LuxP produkowanym przez szczepy *V. harveyi*. Zmiany konformacyjne białka LuxP wywoływane przez wiązanie AI-2 zmieniają orientację w przestrzeni cyjanowej i zielonej wersji białka GFP, które zostały przyłączone do końców C i N białka LuxP. Powoduje to następnie zmiany w efekcie FRET (*Fluorescence Resonance Energy Transfer*) pomiędzy tymi białkami w sposób zależny od stężenia AI-2, dzięki czemu możliwa jest również analiza ilościowa (Rajamani, Sayre 2017: 73-88). Podobny biosensor został również opracowany przez Rauta i współpracowników (Raut 2015:2608-2614). Jednak w tym przypadku dochodzi do zmian w efekcie FRET pomiędzy białkiem wzmocnionej zielonej fluorescencji EGFP (ang. *Enhancement Green Fluorescence Protein*, EGFP) a cząsteczką wygaszacza fluorescencji 7-dietylamino-3-[N-(2-maleimidoetyl)carbamoil]coumaryiny (MDCC).

Przedstawiony biosensor stanowi wysoce selektywne i czułe narzędzie do szybkiej identyfikacji cząsteczek AI-2 w próbkach klinicznych.

Podsumowanie

Mechanizm komunikacji międzykomórkowej określanej jako *quorum sensing* jest niezwykle skomplikowanym systemem regulującym metabolizm komórek bakteryjnych. Molekularne podstawy tego zjawiska są odmienne u różnych typów bakterii

(Gram-ujemnych oraz Gram-dodatnich), ale również poszczególne gatunki wykazują szerokie zróżnicowanie w obrębie danego typu QS, czego przykładem jest obecność homologicznych genów syntetaz LuxI i regulatorów transkrypcyjnych LuxR. Z praktycznego punktu widzenia najważniejszy wydaje się fakt, że autoinduktory QS regulują czynniki wirulencji wielu bakterii patogennych, przez co interferencja w sygnalizację międzykomórkową może stać się podstawą do projektowania nowoczesnych metod eradykacji bakterii. Przegląd dostępnej literatury pokazuje jak wiele dokonano w zakresie projektowania biosensorów autoinduktorów QS. Od opracowania stosunkowo prostych systemów, których przykładem może być szczep *Chromobacterium violaceum* CV026, przez biosensory otrzymane z wykorzystaniem metod biologii molekularnej, aż po coraz to bardziej skomplikowane konstrukty pozwalające na bezkomórkową ekspresję genów lub wykorzystujące efekt FRET. Potencjał zakresu wykorzystania biosensorów jest ogromny, począwszy od poszukiwania inhibitorów QS aż po szybką diagnostykę, dlatego też racjonalne wydaje się kontynuowanie prac w tym zakresie i rozwijanie nowych systemów detekcji cząsteczek sygnałowych.

Bibliografia

- Anbazhagan D., Mansor M., Yan G.O.S., et al., 2012, *Detection of quorum sensing signal molecules and identification of an autoinducer synthase gene among biofilm forming clinical isolates of Acinetobacter spp.*, „PLoS One”, nr 7(7).
- Blount Z. D., 2015, *The unexhausted potential of E. coli*, „Elife”, 4, s. 1-12.
- Chang C.-Y., Krishnan T., Wang H., et al., 2014, *Non-antibiotic quorum sensing inhibitors acting against N-acyl homoserine lactone synthase as druggable target*, „Sci Rep”, nr 4, s. 7245.
- Cheng H. J., Ee R., Cheong Y.M., et al., 2014, *Detection of quorum sensing activity in the multidrug-resistant clinical isolate pseudomonas aeruginosa strain GB11*, „Sensors (Switzerland)”, nr 14, s. 12511-12522.
- Choo J. H., Rukayadi Y., Hwang J. K., 2006, *Inhibition of bacterial quorum sensing by vanilla extract*, „Lett Appl Microbiol”, nr 42, s. 37-641.
- https://www.lgcstandards-atcc.org/products/all/BAA-2240.aspx?geo_country=pl (dostęp: 28.02.2018).
- <https://www.phculturecollections.org.uk/products/bacteria/detail.jsp?refId=NCTC+13278&collection=nctc> (dostęp: 28.02.2018).
- Kawaguchi T., Yung P. C., Norman R. S., Decho A. W., 2008, *Rapid screening of quorum-sensing signal N-acyl homoserine lactones by an in vitro cell-free assay*, „Appl Environ Microbiol”, nr 74, s. 3667-3671.
- Kothari V., Sharma S., Padia D., 2017, *Recent research advances on Chromobacterium violaceum*, „Asian Pac J Trop Med”, nr 10, s. 744-752.
- Kumar R., Chhibber S., Gupta V., Harjai K., 2011, *Screening & profiling of quorum sensing signal molecules in Pseudomonas aeruginosa isolates from catheterized urinary tract infection patients*, „Indian J Med Res”, nr 134, s. 208-213.
- Kumar S., Costantino V., Venturi V., Steindler L., 2017, *Quorum sensing inhibitors from the sea discovered using bacterial N-acyl-homoserine lactone-based biosensors*, „Mar Drugs”, nr 15(3).

- La Rosa S. L., Solheim M., Diep D. B., Nes I. F., Brede D. A., 2015, *Bioluminescence based biosensors for quantitative detection of enterococcal peptide-pheromone activity reveal inter-strain telesensing in vivo during polymicrobial systemic infection*, „Sci. Rep”, nr 5, s. 1-11.
- Martinelli D., Grossmann G., Séquin U., et al., 2004, *Effects of natural and chemically synthesized furanones on quorum sensing in Chromobacterium violaceum*, „BMC Microbiol”, nr 4, s. 1-10.
- McClellan K. H., Winson M. K., Fish L., et al., 1997, *Quorum sensing and Chromobacterium violaceum: exploitation of violacein production and inhibition for the detection of N-acyl homoserine lactones*, „Microbiology”, nr 143, s. 3703-3711.
- Monnet V., Gardan R., 2015, *Quorum-sensing regulators in Gram-positive bacteria: „cherchez le peptide.”*, „Mol Microbiol”, nr 97, s. 181-184.
- Myszka K., Czaczyk K., 2010, *Mechanizm quorum sensing jako czynnik regulujący wirulencję bakterii Gram-ujemnych*, „Postep Hig Med Dosw”, nr 64, s. 582-589.
- Nievas F., Bogino P., Sorroche F., Giordano W., 2012, *Detection, characterization, and biological effect of quorum-sensing signaling molecules in Peanut-nodulating Bradyrhizobia*, „Sensors”, nr 12, s. 2851-2873.
- Omwenga E. O., Hensel A., Pereira S., et al., 2017, *Antiquorum sensing, antibiofilm formation and cytotoxicity activity of commonly used medicinal plants by inhabitants of Borabu sub-county, Nyamira County, Kenya*, „PLoS One”, nr 12, s. 1-19.
- Pereira C. S., Thompson J. A., Xavier K.B., 2013, *AI-2-mediated signalling in bacteria*, „FEMS Microbiol Rev”, nr 37, s. 15-18.
- Rai N., Rai R., Kareenhalli V., 2015, *Quorum Sensing Biosensors. In: Quorum sensing vs quorum quenching: A battle with no end in sight*, s. 173-183.
- Rajamani S., Sayre R., 2017, *Biosensors for the Detection and Quantification of AI-2 Class Quorum-Sensing Compounds*, Quorum sensing, s. 73-88.
- Raut N., Joel S., Pasini P., Daunert S., 2015, *Bacterial autoinducer-2 detection via an engineered quorum sensing protein*, „Anal Chem”, nr 87, s. 2608-2614.
- Sivasothy Y., Krishnan T., Chan K. G., et al., 2016, *Quorum sensing inhibitory activity of giganteone A from Myristica Cinnamomea king against Escherichia coli biosensors*, „Molecules”, nr 21(3), s. 391.
- Steindler L., Venturi V., 2007, *Detection of quorum-sensing N-acyl homoserine lactone signal molecules by bacterial biosensors*, „FEMS Microbiol Lett”, nr 266, s. 1-9.
- Szabo M. A., Varga G.Z., Hohmann J., et al., 2010, *Inhibition of Quorum-sensing Signals by Essential Oils*, „Phyther Res”, nr 24, s. 782-786.
- Tindall B. J., 2014, *Agrobacterium radiobacter (Beijerinck and van Delden 1902) Conn 1942 has priority over Agrobacterium tumefaciens (Smith and Townsend 1907) Conn 1942 when the two are treated as members of the same species based on the principle of priority and Rule 23a*, „N. Int J Syst Evol Microbiol”, nr 64, s. 3590.
- Torres M., Romero M., Prado S., et al., 2013, *N-acylhomoserine lactone-degrading bacteria isolated from hatchery bivalve larval cultures*, „Microbiol Res” 168, s. 547-554.
- Vasavi H. S., Arun A. B., Rekha P. D., 2013, *Inhibition of quorum sensing in Chromobacterium violaceum by Syzygium cumini L. and Pimenta dioica L. Asian*, „Pac J Trop Biomed”, nr 3, s. 954-959.

- Verbeke F., De Craemer S., Debunne N., et al., 2017, *Peptides as quorum sensing molecules: Measurement techniques and obtained levels in vitro and in vivo*, „Front Neurosci”, nr 11, s. 1-18.
- Weiland-Brouer N., Pinnow N., Schmitz R.A., 2015, *Novel reporter for identification of interference with Acyl homoserine lactone and autoinducer-2 quorum sensing*, „Appl Environ Microbiol”, nr 81, s. 1477-1489.
- Wen K.Y., Cameron L., Chappell J., et al., 2017, *A Cell-Free Biosensor for Detecting Quorum Sensing Molecules in P. aeruginosa-Infected Respiratory Samples*, „ACS Synth Biol”, nr 6, s. 2293-2301.
- Yang Y. H., Kim T. W., Park S. H., et al., 2009, *Cell-free Escherichia coli-based system to screen for quorum-sensing molecules interacting with quorum receptor proteins of Streptomyces coelicolor*, „Appl Environ Microbiol”, nr 75, s. 6367-6372.
- Yin W. F., Purnal K., Chin S., et al., 2012, *Long chain N-acyl homoserine lactone production by Enterobacter sp. isolated from human tongue surfaces*, „Sensors (Switzerland)”, nr 12, s. 14307-14314.
- Zhu H., He C. C., Chu Q. H., 2011, *Inhibition of quorum sensing in Chromobacterium violaceum by pigments extracted from Auricularia auricular*, „Lett Appl Microbiol”, nr 52, s. 269-274.



ŻANETA WYPYCH

Studentka III roku fizjoterapii, studia I stopnia
Studenckie Koło Naukowe MEDYK
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Student of 3rd year of physiotherapy, 1st degree studies
“Medyk” Student Scientific Research Club
Jan Kochanowski University in Kielce

Postępowanie fizjoterapeutyczne w stwardnieniu rozsianym Physiotherapy in Multiple Sclerosis

Summary: The aim of this paper is to discuss the problems associated with multiple sclerosis (Sclerosis Multiplex - MS), as well as the ways of relieving pain, which very often accompanies the condition. Multiple Sclerosis is a disease of the central nervous system, which involves improper transmission of nervous impulses. Currently, SM is incurable, although symptomatic treatment methods are available. Moreover, the specificity of Multiple Sclerosis is its occurrence at young age, multiplicity and variety of symptoms, as well as the unpredictability of the course of the disease. The most common symptoms are: speech disorders, spasticity, urinary incontinence, muscle strength reduction, tremor, imbalance, dysphagia, or ataxia. Rehabilitation in this case is comprehensive, ranging from a slight lack of coordination of movement to vegetative disorders. Such treatment effectively supports pharmacotherapy. In such case, two methods of treatment are used. One of them is symptomatic therapy and the other is task therapy.

Key words: Multiple Sclerosis, kinesitherapy, NDT-Bobath method, PNF, TENS.

Wstęp

Stwardnienie rozsiane, określane jako SM, czyli sclerosis multiplex – jest chorobą, w której uszkodzone zostają struktury układu nerwowego (Cendrowski 1993). Jest to schorzenie przebiegające zazwyczaj w sposób ciągły, ale obecne są także okresy reemisji. Na chwilę obecną SM jest nieuleczalne, aczkolwiek dostępne są metody leczenia objawowego. Ponadto specyfiką stwardnienia rozsianego jest młody wiek pa-

cja, mnogość i różnorodność objawów, jak i nieprzewidywalność przebiegu schorzenia. Taki obraz sprawia, że przywracanie bądź niwelowanie skutków tej choroby jest jednym z największych wyzwań rehabilitacji neurologicznej, jak i codziennego funkcjonowania pacjenta, dlatego wymagana jest ciągła i kompleksowa opieka medyczna ze strony fizjoterapeutów. Najczęściej spotykanymi objawami są: zaburzenia mowy, spastyczność, nietrzymanie moczu, obniżenie siły mięśniowej, drżenie, zaburzenia równowagi, dysfagia czy ataksja. Tak więc świadomość w tym zakresie jest niezwykle ważna, ponieważ dzięki metodom, które są obecnie dostępne, może być zbawienna dla osób cierpiących z powodu choroby. Rehabilitacja w tym przypadku ma charakter kompleksowy, poczynając od niewielkiego braku koordynacji ruchu, a kończąc na zaburzeniach wegetatywnych (Kwiatkowski 2007). Takie leczenie skutecznie wspomaga farmakoterapię. Niestety niezależnie od tego, kiedy doszło do rozpoznania schorzenia, w efekcie pacjenci borykają się z niepełnosprawnością, obniżeniem jakości życia, ale i problemami z samodzielnym funkcjonowaniem w społeczeństwie. Oczywiście czas rozpoznania ma znaczenie dla dalszego postępowania, bo im wcześniej ma to miejsce, tym łatwiej zmniejszać skutki chorobowe. Wówczas z pomocą przychodzi fizjoterapia i jej szerokie spectrum zastosowań (Walsh 2001). Warto również zaznaczyć, że SM występuje z częstością 30-100 zachorowań na 100000 mieszkańców.

Czym jest stwardnienie rozsiane?

Stwardnienie rozsiane jest chorobą ośrodkowego układu nerwowego, polegającą na niewłaściwym przekazywaniu impulsów nerwowych. Mechanizmem tego schorzenia jest uszkodzenie osłonki mielinowej aksonów, zwyrodnienie tkanki nerwowej mózgu i rdzenia kręgowego, a także rozsiały proces zapalny i obecność płytek demielinizacyjnych. Spustoszenia neurologiczne prowadzą do upośledzenia funkcji fizycznych, jak i poznawczych, do których zaliczamy zaburzenia mowy, połykania, czucia, funkcji zwieraczy, jelit, a przede wszystkim odczuwanie permanentnego bólu. Objawy te najszybciej postępują w odcinku szyjnym rdzenia kręgowego, ponieważ tam pojawiają się płytki demielinizacyjne. Proces ten umiejscowiony jest w górnej części pnia mózgu, mózdzku, istocie białej i nerwach wzrokowych. Etiologia tej choroby nie została jeszcze poznana, aczkolwiek przypuszcza się, iż są nią czynniki genetyczne, które biorą swój początek w układzie HLA. Badania donoszą, że może to mieć związek z endogennymi retrowirusami znajdującymi się w ludzkim genomie (HERV). Specjaliści donoszą, że udział genowy w powstawaniu SM jest uzasadniony, ponieważ bardzo często występuje ona u osób, których jeden z członków rodziny przechodził tę chorobę. W chwili obecnej prowadzi się także prace badawcze, uwzględniając przy tym czynniki środowiskowe, do których zalicza się infekcje: wirusowe, grzybicze oraz bakteryjne. Mówi się również o przyczynach infekcyjnych, do których to schorzeń zalicza się chorobę Epsteina-Baara. Kolejnym czynnikiem ryzyka jest palenie papierosów. Na zachorowalność przypuszczalnie wpływa także ilość witaminy D w organizmie, co zauważono podczas analizy geograficznej umiejscowienia chorych na SM. Okazało się, że znacznie mniejsza liczba osób dotkniętych stwardnieniem rozsianym znajduje się w okolicy równika, czyli w miejscu, gdzie jest duża ilość promieni słonecznych, które wpływają na wytwarzanie witaminy D.

Podział stwardnienia rozsianego

Stwardnienie rozsiane może mieć postać:

- remitująco-nawracającą (*relapsing-remitting*),
- postępująco-nawracającą (*progressive relapsing*),
- wtórnie postępującą (*secondary progressive*),
- pierwotnie postępującą (*primary progressive*).

Diagnostyka

Obecnie do diagnostyki stosuje się kryteria McDonald, które funkcjonują w międzynarodowym panelu ekspertów w kwestii stwardnienia rozsianego. Podstawę tych kryteriów stanowią: badania kliniczne płynu mózgowo-rdzeniowego, MRI głowy oraz potencjały wywołane.

- Magnetyczny rezonans jądrowy (MRI) – obrazuje demielinizację w obszarze istoty białej mózgowia. Aby określić ilość zmian objętych stanem zapalnym, podaje się kontrast – gadolin, który uwidacznia nieprawidłowości. Metoda ta jest niezbędna do postawienia ostatecznej diagnozy, ponieważ pokazuje zmiany, które jeszcze nie dają o sobie znać.
- Badanie płynu mózgowo-rdzeniowego – jest on pobierany za pomocą punkcji lędźwiowej. Sprawdza się wówczas obecność prążków oligoklonalnych, których występowanie waha się w przedziale 85-95% przypadków. Są one wytwarzane przez kopie komórek plazmatycznych, będących wewnątrz układu nerwowego. Ponadto wykonuje się nieswoisty test, badając wzrost indykatora Linka-Tiblinga. Jednak w połączeniu z badaniem MRI głowy, jest w stanie pomóc postawić odpowiednią diagnozę.
- Badanie potencjałów wywołanych, czyli sensorycznych, pniowych i wzrokowych, gdzie określa się wydłużony okres utajenia, nawet, gdy nie pojawiają się objawy kliniczne. Dane kliniczne pozwalają właściwie rozpoznać proces chorobowy, jeżeli osoba doświadczyła minimum 2 izolowanych rzutów, charakteryzujących się deficytami neurologicznymi. Warunkiem tego jest, by trwały one co najmniej dobie, a także aby był zachowany odstęp między nimi wynoszący nie krócej niż miesiąc.
- Innym sposobem diagnostyki mogą być testy na obecność przeciwciał skierowanych przeciwko białkom osłonki mielinowej: MOG – glikoproteina mieliny oligodendrocytów, czy też MBP – zasadowe białko mieliny. Stosuje się również badanie tomografii optycznej siatkówki, co pozwala na ocenę stopnia uszkodzenia aksonów (Banaś 2013).

Rehabilitacja w stwardnieniu rozsianym

Podstawą leczenia jest zazwyczaj farmakoterapia, aczkolwiek kompleksowo prowadzona rehabilitacja wpływa w sposób korzystny na jakość życia cierpiących na stwardnienie rozsiane. Wówczas stosuje się dwie drogi leczenia. Jedną z nich jest terapia objawowa, drugą zaś terapia zadaniowa. Bardzo istotne jest określenie możliwości pacjenta, jak i przystosowanie rehabilitacji do jego potrzeb. Dlatego niezbędne jest

przeprowadzenie testów określających stan funkcjonalny pacjenta. Nosi on nazwę Activities of Daily Living, i określa jakość czynności życia codziennego (Sadowska 2001).

Kinezyterapia

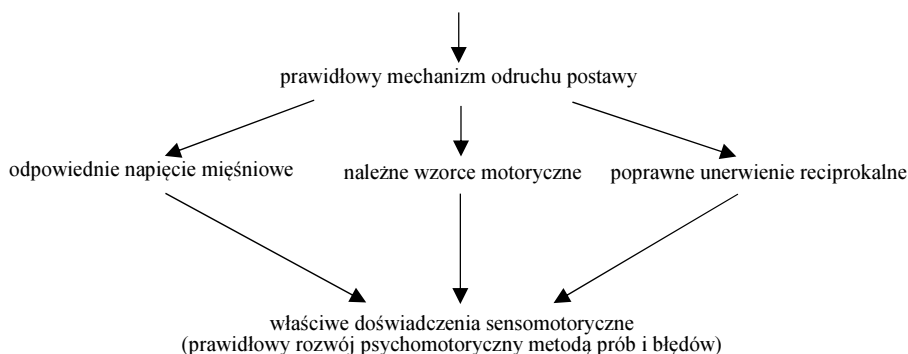
Kinezyterapia oznacza leczenie ruchem, gdzie kinezis oznacza ruch, a therapeia – leczenie (Mika, Kasprzak 2006). Podczas stosowania tej metody zwraca się uwagę na poprawę ogólnej kondycji fizycznej pacjenta, a w efekcie czego: utrzymanie prawidłowej ruchomości i sprawności stawów, zwiększenie siły mięśniowej, a także ich napięcia. Dzięki czemu można skutecznie poprawić stan psychiczny pacjenta, ponieważ ruch przyczynia się do wytworzenia endorfin, które są hormonami szczęścia. Ta metoda leczenia, może być stosowana w profilaktyce przeciwoleżynowej, zapobiegając konsekwencjom unieruchomienia, czyli działa przeciw odwapnieniu kości, zaparciom, infekcjom dróg oddechowych i moczowych.

Metody kinezyterapii

W metodach kinezyterapii wykorzystuje się zdolność mózgu do regeneracji, czyli jego plastyczność.

Metoda NDT Bobath (neurodevelopmental treatment) – polega ona na odwzorowaniu naturalnych ruchów człowieka w celu uzyskania samodzielności. Dlatego głównymi celami są:

- Prowadzenie ruchów w formie zbliżonej do prawidłowej, co może być wypracowane dzięki punktom kontroli ruchu, jakimi są: głowa, obręcz miednicza, obręcz barkowa i pozostałe części ciała.
- Zastosowanie nabytych umiejętności w czynnościach wykonywanych każdego dnia,
- Zmniejszanie, bądź zwiększanie napięcia mięśniowego, w zależności od tego, czy jest ono podwyższone, czy obniżone (stosowane już w pierwszych miesiącach życia).



Rysunek 1. Założenia metody NDT Bobath

Powyższy schemat przedstawia zasadność prowadzenia metody NDT Bobath w usprawnianiu pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. Otóż prawidłowo funkcjonujący ośrodkowy układ nerwowy sprawia, że mechanizm odruchu postawy jest prawidłowy. Następnie zachowanie właściwej postawy ciała wpływa na odpowiednie napięcie mięśniowe, należne wzorce motoryczne i poprawne unerwienie recyprokalne. Wówczas doświadczenia sensomotoryczne będą miały poprawny charakter, czyli będzie można obserwować w pełni prawidłowy rozwój psychomotoryczny metodą prób i błędów.

Metoda PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) – torowanie nerwo-mięśniowe, wykorzystywane dzięki receptorom czucia głębokiego, nazywanych proprioceptorami. Ma to na celu włączenie neuronów rezerwowych, zdolnych do pełnienia określonych funkcji. Najważniejsze jest, by uzyskać utraconą funkcję (Zembały 2003).

U pacjentów z SM stosuje się trening aerobowy i wytrzymałościowy, dzięki któremu zmęczenie zmniejsza się, natomiast wydolność się zwiększa. Takim treningiem może być bieganie, jazda na rowerze, a nawet joga. Ponadto ze względu na problemy z nietrzymaniem moczu stosuje się ćwiczenia dna miednicy, czyli mięśni Kegla. Prowadzi się także ćwiczenia: izometryczne, w wodzie, mięśni pośladkowych, mięśni brzucha oraz oddechowy torem brzuszny.

Fizykoterapia

Kinezyterapia powinna być uzupełniona zabiegami z zakresu fizykoterapii. Tę formę leczenia stosuje się zazwyczaj ze względu na występujący ból, który jest bólem neuropatycznym, ma charakter przewlekły, napadowy lub ostry. W terapii przeciwbólowej dobrze sprawdza się magnetostymulacja, której to zabiegi wykonujemy w czasie około 10-20 min, na początku codziennie, a później co drugi dzień. Innym przykładem terapii, wykorzystującej czynniki fizykalne, może być magnetoterapia. Największą skuteczność uzyskuje się w zakresie zmniejszania skutków spastyczności oraz nietrzymania moczu. Inną metodą zwalczania bólu jest zimnolecznictwo z zastosowaniem najczęściej ciekłego azotu o temperaturze około -180°C , bądź schłodzonego powietrza (-30°C), czy też dwutlenkiem węgla (-70°C).

Natomiast, jeżeli chodzi o elektroterapię, stosuje się tonolizę według Hufschmidta, TENS – przezskórna elektrostymulacja nerwów, jest metodą wykorzystywaną w celu zmniejszenia odczuć bólowych ostrych i przewlekłych na zasadzie dwóch koncepcji:

- teoria bramki kontrolnej (kontrolowanego przepustu rdzeniowego) Walla i Melzacka,
- teoria endorfin.

Zabiegi ciepłe – to najczęściej okłady parafinowe. Wykorzystuje się także zabiegi z zakresu światłolecznictwa, czyli laseroterpia, światło podczerwone i naświetlanie lampą solux.

Podsumowanie

Stosowanie zabiegów fizjoterapeutycznych w procesie przebiegu stwardnienia rozsianego, jest procesem złożonym. Jednak dzięki niemu możemy pomóc pacjentowi

zmniejszyć stopień niepełnosprawności. W związku z tym, że jest to choroba przewlekła, jej leczenie długo trwa.

Bibliografia

- Banaś A., Trzaskowska M., Stryła W., Szklarczyk A., Kruszyński M., Piotrowska S. 2013, *Fizjoterapia w stwardnieniu rozsianym*, Dysfunkcje narządów ruchu, z. 4, s. 102-111.
- Kuczma W., Srokowska A., Owczarzak M., 2007, *Zastosowanie w rehabilitacji neurologicznej biologicznego sprzężenia zwrotnego podczas ćwiczeń w urządzeniu „Balance Trainer”*, „Balneologia Polska”, 49, s. 79-85.
- Kwiatkowski S., 2007, *Neurochirurgiczne leczenie bólu*. Medycyna bólu, Kraków, 99.103.
- Maier C., Baron R., Frettlöh J., Stolze H., Comberg-Bull G., von Schayck R., 2005, *Bóle neuropatyczne*, [w:] Diener H.Ch., Maier Ch. (red.), *Leczenie bólu*, Wrocław, 124.196.
- Mika T., Kasprzak W., 2006, *Fizykoterapia*, Warszawa.
- Pasek J., Opara J., Pasek T., *Znaczenie badań nad jakością życia w rehabilitacji*, Fizjoterapia 2007.
- Pąchalska M., Kaczmarek B., Kropotov J. D., 2014, *Neuropsychologia kliniczna, od teorii do praktyki*.
- Sadowska L., 2001, *Neurokinezyjologiczna diagnostyka i terapia dzieci z zaburzeniami rozwoju psychoruchowego*, Cz. 1, Wrocław.
- Walsh K. W., 2001, *Jak rozumieć uszkodzenia mózgu: podstawy diagnozy neuropsychologicznej*, Kraków.
- Wright A. W., Strong J., Unruh A. M., Wright A., Baxter G. D. (red.), 2008, *Ból neuropatyczny: podręcznik dla terapeutów*, Warszawa.
- Zembaty A., Kokosz M, 2003, *Kinezyterapia*, tom II, Kraków.



Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, 2018, tom 27, część 2

Fascicles of Student Scientific Movement
the Jan Kochanowski University in Kielce, 2018, volume 27, part 2

ANNA ZWIERZYŃSKA

studentka I roku kierunku lekarskiego, studia jednolite
Studenckie Koło Naukowe „Kalcyt”, Instytut Chemii
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
student of the 1st year of Medical Studies, long-cycle course
“Kalcyt” Student Scientific Research Club, Institute of Chemistry
Jan Kochanowski University in Kielce

AGNIESZKA SOŁTYS

studentka II roku biotechnologii, studia I stopnia
Studenckie Koło Naukowe „Kalcyt”, Instytut Chemii
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
student of the 2nd year of Biotechnology, 1st degree studies
“Kalcyt” Student Scientific Research Club, Institute of Chemistry
Jan Kochanowski University in Kielce

Bogactwo minerałów z królestwa pszczół

The Wealth of Minerals from the Kingdom of Bees

Summary: The aim of the study was to quantify the content of calcium and magnesium in royal jelly as well as rapeseed, heather and polyfloral honeys. It was determined by means of a complexometric titration, separately for calcium and for the sum of calcium and magnesium. The obtained results demonstrate that royal jelly has the highest content of these elements: Ca 243.6 mg/100g; Mg 191.1 mg/100g, whereas the smallest quantities are as follows: for Ca – multi-flower honey (6.50 mg/100g) and for Mg – rapeseed honey (0.547 mg/100g). The consumption of apiculture products can therefore have a beneficial effect on human health, not only because of the presence of organic compounds, but also because the content of macroelements such as Calcium and Magnesium.

Key words: royal jelly, honey, Calcium, Magnesium, complexometric titration.

Wstęp

W dzisiejszych czasach bardzo duży nacisk stawia się na prowadzenie zdrowego stylu życia. Przeglądając przepisy słynnych „fit-blogerek” zauważymy ogromną popularność miodu. Jest on stosowany jako alternatywa cukru, jednak czy wszystko o nim

wiemy? Czytając artykuły naukowe na ten temat można zauważyć, że produkty pszczele, w tym wspomniany wcześniej miód, wymagają ciągłych badań ze względu na zmieniające się warunki środowiska. Dlatego też podjęliśmy się zadania, którym jest lepsze poznanie właściwości „darów ula”.

Celem naszych badań było ilościowe oznaczenie zawartości wapnia i magnezu w trzech rodzajach miodu (rzepakowym, wrzosowym, wielokwiatowym) oraz w mniej znanym, ale bardzo wartościowym – mleczku pszczelim.

Miód – cenny „dar ula”

Miód jest najpopularniejszym produktem pszczelim. Podstawowym surowcem do produkcji miodu jest nektar, czyli wonna i słodka substancja wytwarzana przez kwiaty. W zależności od gatunku rośliny, z której pszczoły zbierają nektar powstaje różny typ miodu. Pszczoły łączą nektar z substancjami produkowanymi w swoich organizmach i gromadzą go w plastrach w ulu, aby dojrzał. Walory smakowe i zapachowe są zależne od barwników i olejków eterycznych pochodzących z nektaru. Miód występuje w postaci płynnej lub krystalicznej. Jego kolor uzależniony jest od barwników roślinnych zawartych w nektarze, czyli m.in. od karotenu, flawonoidów i ksantofilu. Skład chemiczny miodu jest uwarunkowany wieloma czynnikami, m.in. środowiskiem w jakim powstaje, sposobem przechowywania oraz dostępnością kwiatów dla pszczół. Miód zawiera najwięcej cukrów: (ok. 77%) – a w tym fruktozę, glukozę, sacharozę, co ma wpływ na jego słodki smak (Koszowska i in. 2013). Cenne enzymy zawarte w miodzie pochodzą w większości ze śliny pszczół. Miody posiadają dużo pierwiastków, odgrywających ważną rolę w organizmie człowieka, w tym najczęściej: potasu, wapnia, fosforu, sodu i magnezu. Duży wpływ na smak i wartość miodu mają kwasy organiczne. W małych ilościach występują również witaminy, białka oraz aminokwasy. Ważnym składnikiem miodów są polifenole, które działają ochronnie na układ krwionośny. Miody zawierają również inhibinę, która posiada właściwości bakteriostatyczne. Natomiast flawonoidy zawarte w miodzie tworzą związki kompleksowe z metalami ciężkimi i ułatwiają ich usuwanie z organizmu. Jest to ważna informacja dla osób mieszkających na terenach silnie zurbanizowanych. Wieloletnie badania kliniczne i farmakologiczne wykazały korzystne działanie miodu na szereg dolegliwości, m.in. choroby związane z układami: krążenia, nerwowym, oddechowym, pokarmowym, a nawet w chorobach skóry i błon śluzowych (Kędzia: 1999). Z tego względu „złoty dar ula” ma szerokie zastosowanie w profilaktyce zdrowia i leczeniu. Do pozytywnych skutków spożywania miodu należą redukcja stresu, zwiększenie siły skurczu mięśnia sercowego, osłabienie działania używek (alkohol, papierosy, kawa), zwiększenie odporności organizmu oraz niwelowanie stanów zapalnych. Dość ciekawym zastosowaniem miodu jest używanie go w opatrunkach, które to stosowane były od ponad 2000 lat (Szymańska-Garbacz i in. 2006).

Nieznane mleczko pszczele

Mleczko pszczele, to wydzielina gruczołów gardzielowych pszczół robotnic (Bąk, Wilde 2002). Pszczoły karmią mleczkiem larwy trutni i robotnic w pierwszych 3 dniach życia oraz matkę pszczelą przez cały okres stadium larwalnego i w czasie

składania jaj. Mleczko ma postać płynną, gęstą, przypominającą konsystencję śmietany. Barwa może być od niebiesko-białej, kremowej do brudnoszarej. Smak mleczka jest kwaśny (pochodzi od kwasów organicznych), cierpki i ostry. Ponadto ma charakterystyczny dla tej substancji kwaśny zapach, a jego pH jest zależne od dnia karmienia larw i wynosi od 3,4 do 4,8 (Wojtacki 1984). Skład chemiczny mleczka pszczelego jest zależny od wielu czynników m.in. od przeznaczenia pokarmu dla mieszkańców ula, wieku karmionych larw i pszczół, które dostarczają pokarmu, czy od gatunku pobranego pyłku. Mleczko pszczele składa się głównie z wody (50-60%), a także białek (18%), węglowodanów (15%), lipidów (3-6%), soli mineralnych (1,5%) oraz substancji bioaktywnych (Droba i in. 2014). Mleczko pszczele zawiera wszystkie egzogenne aminokwasy, niezbędne dla człowieka (Bąk, Wilde 2002). Zawiera także enzymy i hormony, w tym hormony płciowe oraz neurohormon – acetylocholinę. W mleczku występują również kwasy tłuszczowe nasycone i nienasycone, glicerole, woski, fosfolipidy i sterole. Z makroelementów najwięcej jest w nim potasu, ale występują także: siarka, magnez, sód, fosfor i wapń oraz mikroelementy: mangan, miedź, żelazo i cynk. Innymi ważnymi składnikami mleczka pszczelego są witaminy (Bąk, Wilde 2002). Niestety ze względu na rozwój cywilizacji, produkty pochodzenia pszczelego zawierają także zanieczyszczenia i metale ciężkie.

Mleczko pszczele poddaje się różnym obróbkom w celu wydłużenia terminu przydatności do spożycia. Najczęściej stosuje się liofilizację. W tym procesie 350 mg liofilizowanego mleczka otrzymuje się z 1 g jego płynnej postaci. Liofilizat można przechowywać do kilku lat, a surowe mleczko pszczele, jeśli jest zamrożone od razu po zebraniu – do kilku miesięcy (Bąk, Wilde 2002).

Przez wiele lat mleczko pszczele było niedoceniane. Obecnie wyniki licznych doświadczeń dostarczają informacji na temat zbawiennego wpływu tej substancji na funkcjonowanie organizmu człowieka. Produkt jest substancją dobrze przyswajalną przez organizm. Wpływa ona na zwiększenie tempa przemiany materii oraz produkcji czerwonych krwinek. Mleczko ma także istotny wpływ na funkcjonowanie układu krążenia, układu nerwowego, poprawia odporność, ma zastosowanie w okresie rekonwalescencji, dzięki pobudzaniu odnowy tkanek, wykazuje również działanie bakteriobójcze i bakteriostatyczne. Spożywanie mleczka reguluje także równowagę wodno-elektrolitową organizmu, ponieważ jak wspomniano wcześniej produkt ten jest bogaty w liczne mikro- i makroelementy (Bąk, Wilde 2002).

Niezbędne makroelementy: magnez i wapń

Magnez to pierwiastek, który uznawany jest za podstawowy składnik życia, zarówno dla roślin, jak i dla zwierząt czy ludzi (Rożnowska 1996). Wchodzi on w skład chlorofilu, potrzebnego do fotosyntezy, a więc odgrywającego kluczowe znaczenie w świecie roślin. Udział magnezu zauważalny jest także w szeregu reakcji zachodzących w organizmie człowieka w tym: produkcji hormonów (np. adrenaliny), regulacji czynności układu nerwowego, przemianie węglowodanów i białek, wzroście kości czy regulacji czynności serca⁹. W związku z tak szerokim spektrum działania tego pierwiastka na organizm człowieka, ważne jest dostarczanie niezbędnych jego ilości z pożywieniem. Jego niedobór może mieć bowiem niezwykle szkodliwy wpływ na funkcjonowanie organizmu taki jak: osłabienie mięśni, nadmierna pobudliwość nerwowa, zwiększo-

na skłonność do depresji, zaburzenia rytmu serca, mrowienie i drętwienie kończyn, zaburzenia snu, problemy z zasypianiem, biegunki czy przewlekłe uczucie zmęczenia (Oberbeil 1996). W związku z postępem badań i odkryciem znacznie większego wpływu magnezu na funkcjonowanie organizmu człowieka w ostatnich latach zwiększono jego zalecaną dzienną dawkę dla dorosłego człowieka do 300-370 mg (Rożnowska 1996). Najlepszym źródłem magnezu w diecie są produkty pochodzenia naturalnego m.in.: ziarna dyni, migdały, koper, pietruszka, kakao czy gorzka czekolada (Rożnowska 1996).

Wapń to główny składnik zębów i kości. Organizm człowieka zawiera 99% wapnia w układzie kostnym, a tylko 1% znajduje się w płynach ustrojowych i tkankach. Podczas niedoboru organizm pobiera go z zębów i kości, co może powodować odwapnienie i przyczyniać się do łamliwości kości. Organizm potrzebuje tego pierwiastka do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania układu nerwowego, mięśniowego i krwionośnego (Flis, Konaszewska 2013). Ma on wpływ na przewodzenie impulsów nerwowych, pracę mózgu, a także na nastrój. Dla osób dorosłych dzienne zapotrzebowanie wapnia wynosi 900-1200 mg (Rożnowska 1996). Źródłem wapnia w diecie są głównie produkty mleczne, szproty, migdały oraz orzechy.

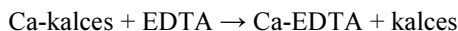
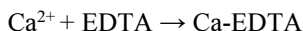
Należy jednak zauważyć, iż w codziennej diecie wielu osób obecne są substancje, które niwelują zawartość minerałów. Osoby z dietą ubogą w wapń przy spożyciu dużej ilości kofeiny mają problem z gospodarką wapniowo-magnezową w organizmie (Bojarcowicz, Przygoda 2012). Ważne jest więc stosowanie zbilansowanej diety. Badanie zawartości magnezu i wapnia w produktach pszczelich umożliwi znalezienie alternatywnych źródeł tych pierwiastków. Umożliwi także udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy łączenie produktów pszczelich (np. miodu) z produktami zawierającymi kofeinę i teinę (kawa, herbata) umożliwi choćby w niewielkim stopniu uchronienie się przed niedoborem tych pierwiastków.

Metodyka badań

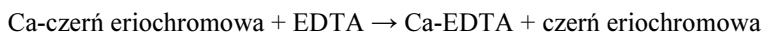
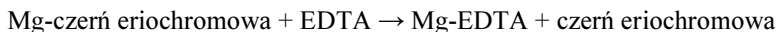
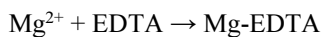
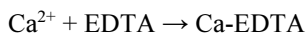
Do analiz próbek miodu i mleczka pszczelego wykorzystano metodę miareczkowania kompleksometrycznego. Bazuje ona na zdolności tworzenia związków kompleksowych pomiędzy jonem oznaczanego metalu a ligandem, czyli odczynnikiem organicznym posiadającym właściwości kompleksujące. Metoda ta umożliwiła oznaczanie niemal wszystkich kationów (poza pierwiastkami I grupy układu okresowego). W grupie kompleksonów największą popularność zyskał kwas wersenowy (EDTA, kwas etylenodiaminotetraoctowy). EDTA tworzy rozpuszczalne w wodzie trwałe kompleksy chylatowe z jonami metali, które reagują w stosunku 1:1. Miareczkowanie bezpośrednie jest jedną z metod tworzenia tych kompleksów. Roztwór EDTA jest dodawany do roztworu, który zawiera kation, aby osiągnąć punkt równoważnikowy przy pomocy danego wskaźnika. Wybór tej metodyki podyktowany był dużą czułością wskaźników (takich jak: czerń eriochromowa czy kalces) oraz niską granicą oznaczalności w stosunku do wapnia i magnezu. Analizę przeprowadzono osobno dla samego wapnia oraz dla wapnia i magnezu łącznie.

Pierwszą część analizy (oznaczanie wapnia) wykonano w obecności KOH (pH=13) wobec kalcesu, natomiast ewentualną obecność jonów metali ciężkich maskowano poprzez dodanie roztworu dwuetylodwutiokarbaminianu sodowego. Wskutek

zalkalizowania roztworu za pomocą KOH strącają się jony Mg^{2+} w postaci $Mg(OH)_2$. Kwas wersenowy łącząc się z Ca^{2+} wypiera kalces z jego połączenia z wapniem prowadząc do uwolnienia się wolnego wskaźnika o barwie niebieskiej. Miareczkowanie prowadzono do zmiany barwy wskaźnika z czerwonej na niebieską, co świadczy o stechiometrycznym zajściu reakcji:



Oznaczanie łącznej zawartości wapnia i magnezu przeprowadzono w środowisku buforu amonowego, o $pH=10$, wobec czerni eriochromowej. Ewentualną obecność jonów metali ciężkich maskowano poprzez dodanie 10% siarczku sodu. Czern eriochromowa wraz z jonami Ca^{2+} i Mg^{2+} tworzy nietrwały kompleks o fioletowo-czerwonym zabarwieniu. Miareczkowanie prowadzono do momentu wyparcia przez EDTA jonów z kompleksu, czyli zmiany barwy wskaźnika z czerwono-fioletowej na niebieską, co oznacza zajście reakcji stechiometrycznej:



W badaniach analizom poddano miód rzepakowy, wrzosowy, wielokwiatowy oraz liofilizat mleczka pszczelego. Dla każdej z analizowanych substancji miareczkowanie wykonywano 3-krotnie. Odpowiednią naważkę (Tabele: 1, 2, 3, 4) produktu pszczelego przenoszono ilościowo do kolby miarowej, a następnie po dodaniu niezbędnych odczynników wykonywano miareczkowanie. Naważki miodu to masa ok. 1 łyżeczki produktu, natomiast naważki mleczka pszczelego to krotność tabletek z liofilizatem.

Aby obliczyć zawartość wapnia i magnezu w próbkach miodów i mleczka pszczelego korzystano z obliczeń na podstawie stechiometrii reakcji metali z EDTA. Obliczenia ilości magnezu w analizowanych próbkach polegały na odjęciu od sumy wapnia i magnezu zawartości wapnia, zachowując przy tym odniesienie do masy próbki (Minczewski, Marczenko 2001).

Wyniki eksperymentu

Wyniki eksperymentu zostały przedstawione w Tabelach: 1, 2, 3, 4. Tabela 1 prezentuje wyniki zawartości wapnia w mg/100g miodu, gdzie kolejne liczby porządkowe oznaczają kolejne miareczkowania. Tabela 3 została skonstruowana w analogiczny sposób do Tabeli 1. Natomiast Tabele 2 i 4 przedstawiają zawartość wapnia oraz magnezu w mg/100g oraz w mg/jedną tabletkę mlecza pszczelego. W tabelach przedstawiono także masę mlecza pszczelego w naważce, ponieważ zawartość liofilizatu posiadała w swoim składzie także inne substancje, takie jak glukoza i błonnik owsiany.

Tabela 1. Zawartość wapnia w miodzie

Lp.	Naważka [g]	Objętość EDTA zużyta do miareczkowania wapnia [cm ³]	Zawartość wapnia [mg/100g miodu]
Miód rzepakowy			
1.	13,854	1,2	6,94
2.	13,886	1,2	6,93
3.	13,824	1,2	6,96
Średnia			6,94
Miód wrzosowy			
1.	22,378	2,85	10,2
2.	17,107	2,20	10,3
3.	19,713	2,45	9,96
Średnia			10,2
Miód wielokwiatowy			
1.	19,508	1,5	6,16
2.	16,748	1,4	6,70
3.	18,117	1,5	6,64
Średnia			6,50

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2. Zawartość wapnia w mleczeniu pszczelim

Lp.	Naważka [g]	Masa mlecza pszczelego w naważce [g]	Objętość EDTA zużyta do miareczkowania wapnia [cm ³]	Zawartość wapnia [mg/100 g produktu]	Zawartość wapnia [mg/1 tabletki]
1.	2,429	0,486	1,6	264	0,264
2.	0,517	0,103	0,3	233	0,233
3.	1,027	0,205	0,6	234	0,234
Średnia				244	0,244

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3. Zawartość magnezu w miodach

Lp.	Naważka [g]	Objętość EDTA zużyta do miareczkowania sumy wapnia i magnezu [cm ³]	Zawartość magnezu [mg/100g miodu]
Miód rzepakowy			
1.	15,6962	1,45	0,280
2.	18,5647	1,80	0,512
3.	11,0268	1,15	0,850
Średnia			0,547
Miód wrzosowy			
1.	14,39	2,2	1,24
2.	12,4334	2,0	1,57
3.	13,0235	2,1	1,80
Średnia			1,54
Miód wielokwiatowy			
1.	12,2084	1,25	1,24
2.	7,3895	0,95	2,19
3.	10,3123	1,15	1,40
Średnia			1,61

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4. Zawartość magnezu w mleczku pszczelim

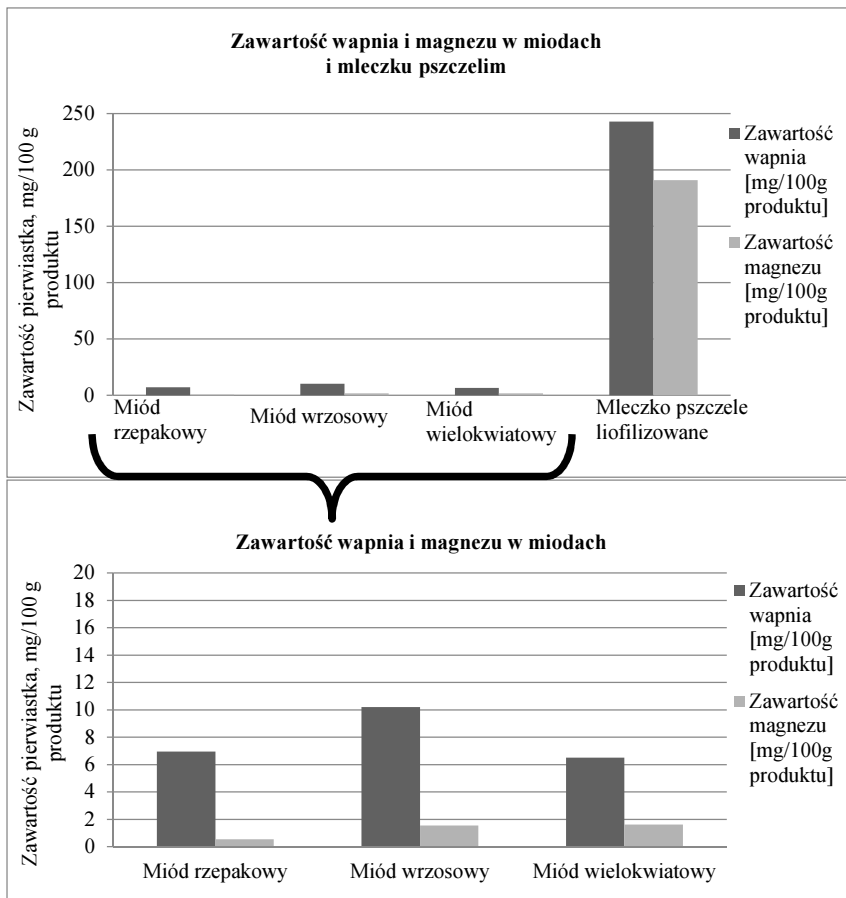
Lp.	Naważka [g]	Masa mleczka pszczelego [g]	Objętość EDTA zużyta do miareczkowania sumy wapnia i magnezu [cm ³]	Zawartość magnezu [mg/100g produktu]	Zawartość magnezu [mg/1 tabletka]
1.	0,520	0,104	0,8	213,5	0,2135
2.	1,028	0,206	1,3	166,3	0,1663
3.	1,014	0,203	1,4	193,4	0,1934
Średnia				191,1	0,1911

Źródło: Opracowanie własne.

Omówienie i interpretacja wyników

Zawartość wapnia i magnezu w produktach pszczelich wyliczona na podstawie otrzymanych podczas wykonywania badań wyników została zestawiona w formie graficznej na Rys. 1. Analizując otrzymane dane zauważalna jest znaczna przewaga zawartości zarówno wapnia, jak i magnezu w mleczku pszczelim względem wszystkich rodzajów miodu (przeliczając na 100 g produktu). Wapnia jest w nim ponad 35 razy więcej niż w miodach rzepakowym i wielokwiatowym, a także ponad 20 razy więcej niż w miodzie wrzosowym. Znacznie większe różnice zauważalne są w przypadku zawartości magnezu. W mleczku pszczelim jest go ponad 155 razy więcej niż w miodach wrzosowym i wielokwiatowym oraz niemal 350 razy więcej niż w miodzie rzepakowym.

Oznaczone ilości wapnia i magnezu były na podobnych poziomach we wszystkich rodzajach badanych gatunków miodów.



Rysunek 1. Zawartość wapnia i magnezu w produktach pszczelich

Źródło: Opracowanie własne.

Otrzymane wartości pozwalają uznać mleczko pszczele za wartościowy „dar ula”. Nic więc dziwnego, że pokarmem tym żywią się posiadające najszybszy metabolizm larwy oraz najważniejsza w społeczności ula – królowa pszczół. W Tabeli 5 zostały przedstawione zawartości wapnia i magnezu w kilku popularnych produktach spożywczych. Porównując otrzymane wyniki dla mleczka pszczelego oraz dane z Tabeli 5 należy zauważyć jak bogaty jest ten produkt w magnez i wapń. Posiada porównywalne ilości Mg i Ca, do migdałów, oraz większe ilości niż w popularnych składnikach diety.

Tabela 5. Zawartość wapnia i magnezu w mleczku pszczelim oraz w wybranych produktach spożywczych

Produkt	Zawartość wapnia [mg/100 g produktu]	Zawartość magnezu [mg/100 g produktu]	Literatura
Mleczko pszczele	243	191	Opracowanie własne
Migdały	264	268	http://nutritiondata.self.com/tools/nutrient-search
Banany	5	27	
Biała fasola	90	63	
Brokuły, burak, kalarepa, kapusta czerwona, kapusta pekińska, pietruszka, por, seler, soczewica sucha	40-50	Nie podano	Kunachowicz i inni 2005
Płatki owsiane	54	130	

Na podstawie otrzymanych wartości, a także podanych w literaturze właściwościom mleczka pszczelego, można uznać, że wykorzystanie pokarmu królowej w suplementacji makroelementów i innych ważnych dla prawidłowego funkcjonowania organizmu substancji daje duże nadzieje współczesnej medycynie. W dzisiejszych czasach pacjenci coraz częściej odwołują się do naturalnych metod leczenia. Pomimo ogromnego potencjału, dostępne suplementy z liofilizowanym mleczkiem pszczelim nie zawierają ilości substancji czynnej zapewniającej dzienne zapotrzebowanie dla dorosłego człowieka na magnez i wapń. Jednak może to stanowić temat badań i wyzwanie dla naukowców opracowujących nowoczesne suplementy.

Bez względu na rodzaj produktu pszczelego zauważalna jest znaczna przewaga zawartości wapnia nad zawartością magnezu. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż stosunek zawartości tych pierwiastków jest inny w przypadku każdej z badanych substancji jak pokazano w Tabeli 6. Wyniki doświadczenia pokazują, że największą różnicą w zawartości wapnia i magnezu charakteryzuje się miód rzepakowy, zaś najbardziej zbliżona jest zawartość tych makroelementów w mleczku pszczelim.

Tabela 6. Stosunek zawartości wapnia do zawartości magnezu dla badanych produktów pszczelich

Rodzaj produktu	Stosunek zawartości wapnia do zawartości magnezu
Miód rzepakowy	38:3
Miód wrzosowy	53:8
Miód wielokwiatowy	4:1
Mleczko pszczele liofilizowane	9:7

Aby stwierdzić, czy istnieje związek pomiędzy zawartością wapnia i magnezu w analizowanych próbkach przeprowadzono analizę korelacji Pearsona. Otrzymany wynik (0,9999) świadczy o silnej dodatniej korelacji pomiędzy zawartością pier-

wiastków. Wynika z tego, że zawartość pierwiastków jest skorelowana: wzrostowi ilości wapnia w danym produkcie pszczelim towarzyszy wzrost ilości magnezu i na odwrót.

Produkty pszczele mogą być stosowane jako alternatywne źródło wapnia i magnezu, w przypadkach, gdy ludzie mają nietolerancje pokarmowe i należy szukać makroelementów w innych pokarmach niż te, które są popularne. Spożywanie produktów pszczelich, głównie mleczka pszczelego, może mieć pozytywny wpływ na fizjologię człowieka. Duża zawartość wapnia i magnezu wpływa na funkcjonowanie organizmu już na poziomie komórkowym (transport substancji, wytwarzanie hormonów). Ponadto ma to znaczenie dla przewodzenia impulsów nerwowych, a więc dobrej działalności układu nerwowego. Wpływ wapnia na krzepliwość krwi przemawia także za tym, że spożywanie badanych produktów usprawnia pracę układu krążenia. Pierwiastki, których zawartość badano, odgrywają też istotną rolę w skurczu mięśni, biorą też udział w tworzeniu masy kostnej organizmu, zatem pośrednio przyczyniają się do prawidłowego funkcjonowania układu ruchu. Mnogość funkcji, jakie badane pierwiastki pełnią w organizmie człowieka, a także informacje o składzie chemicznym badanych substancji podane w literaturze oraz przedstawione w niniejszym artykule, pozwalają stwierdzić, iż produkty pszczele, szczególnie mleczko, mogą być składnikami codziennej diety. Miody mogą stanowić alternatywę dla cukru białego w przypadku słodzenia napojów zawierających kofeinę, czy teinę.

Bibliografia

- Bąk B., Wilde J., 2002, *Mleczko pszczele jako produkt dietetyczny i leczniczy*, <https://www.researchgate.net/publication/256667041> (dostęp: 06.11.2017).
- Bojarowicz H., Przygoda M., 2012, *Kofeina. Cz. I. Powszechność stosowania kofeiny oraz jej działanie na organizm*, <http://www.phie.pl/pdf/phe-2012/phe-2012-1-008.pdf> (dostęp: 23.02.2018).
- Droba B., Droba M., Sibirnaja L., 2014, *Enzymy hydrolityczne z grupy kwaśnych glikozydaz występujące w mleczku pszczelim*, www.zppnr.sggw.pl/584-02.pdf (dostęp: 24.02.2018).
- Flis K., Konaszewska W., 2013, *Podstawy żywienia człowieka*, Warszawa. <http://nutritiondata.self.com/tools/nutrient-search> (dostęp: 23.03.2018).
- Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2017, *Miód i surowce roślinne w leczeniu chorób wątroby i pęcherzyka żółciowego*, http://www.postepyfitoterapii.pl/wp-content/uploads/2017/06/pf_2017_042-046.pdf (dostęp: 23.02.2018).
- Kędzia B., 1999, *Miód, pyłek kwiatowy i propolis w profilaktyce i lecznictwie*, Włocławek.
- Koszowska A., Dittfeld A., Nowak J., Ziara K., 2013, *Pszczoly i ich produkty – znaczenie dla zrównoważonego rozwoju roślin, zwierząt i ludzi*, www.medycynasrodowiskowa.pl/Downloads/File/2013v2/MS_2-2013_14.pdf (dostęp: 24.02.2018).
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., 2017, *Tabele składu i wartości odżywczej*, Warszawa.
- Minczewski J., Marczenko Z., 2001, *Chemia Analityczna 2*, Warszawa.
- Oberbeil K., 1996, *Mikroelementy – pierwiastki życia*, Warszawa.
- Rożnowska K., 1996, *Witaminy i biopierwiastki. Przewodnik*, Kraków.

- Szymańska-Garbacz E., Loba M., Czupryniak L, 2006, *Zespół stopy cukrzycowej – zapobieganie i leczenie*, https://www.researchgate.net/publication/309375739_Zespól_stopy_cukrzycowej_-_zapobieganie_i_leczenie (dostęp: 23.02.2018).
- Wojtacki M., 1984, *Produkty pszczele i przetwory miodowe*, Warszawa.

Spis treści części 1. (Nauki Humanistyczno-Społeczne)

Wprowadzenie	11
Roksana Bilke , Kobiety wykonujące męskie zawody	13
Oliwia Czaplińska , Gwarancja, a rękojmia za wady prawne i fizyczne rzeczy. Co, dlaczego i kiedy przysługuje konsumentowi?	23
Maciej Długosz , Przepięstwo zęciana się w systemie polskiego prawa karnego	31
Dominika Dziuba , Rola komunikacji w procesie zarządzania organizacją	39
Krzysztof Gasiński , Niepoczytalność i poczytalność ograniczona u sprawcy przepięstwa	49
Karolina Grudzień , Paganini – tajemnica obrazu	57
Beata Hamera , Jak komunikować, żeby zostać zrozumianym?	65
Iwona Jedynak , Gatekeeping – między selekcją informacji a manipulacją	73
Agnieszka Jóźwik , Odpowiedzialność zawodowa lekarza	83
Anna Kapusta , Konflikty międzyludzkie w organizacji	91
Karolina Klimczyk , Przemoc wobec osoby starszej jako problem jednostki i środowiska społecznego	99
Izabela Kowalska , Odpowiedzialność odszkodowawcza w prawie cywilnym	111
Marlena Krzos , Wpływ organizacji pozarządowych na funkcjonowanie samorządu terytorialnego	117
Martyna Kuroś , Wartość rodziny w opinii młodzieży	127
Mateusz Lisak , Wpływ uwarunkowań środowiskowych na organizację i strukturę handlu wybranych rzymskich portów na Morzu Czerwonym	133
Krzysztof Łata , Współczesne postrzeganie i doświadczenie starości	145
Dariusz Łuczak , Działania interwencyjne wobec rodzin w kryzysie	155
Katarzyna Madej , Czy baśnie klasyczne mogą stymulować twórcze myślenie dzieci?	165
Katarzyna Nawrot , Czarne koty, złe uroki, rozsypana sól... o znajomości i wierze w przesady w regionie świętokrzyskim	175
Justyna Pabiańczyk , Social media współczesnym narzędziem komunikacji społecznej	187
Justyna Pinda , Znaczenie konsumpcjonizmu dla człowieka i jego relacji z innymi	197
Katarzyna Polit , Pragmatyka tekstów reklamowych: modalność i gradacja atrybutów	209
Natalia Stachurska, Katarzyna Fiuk , Człowiek i jego środowisko, a znajomość obowiązującego prawa	215
Katarzyna Styk , Nowoczesne formy kształcenia w turystyce industrialnej na przykładzie stasy Świętokrzyskie Śladami Stanisława Staszica	225
Emilia Toporek , Prawo małżeńskie według ustawy Kodeks rodzinny i opiekuńczy z dnia 25 lutego 1964 r. a instytucja małżeństwa w starożytnym Rzymie	237

Iryna Vitiuk, Aleksandra Zebrzowska, Relacja między zapowiedzią (zajawką), tytułem a tekstem artykułu internetowego	247
Karolina Wiśniewska, Dziecko przewlekle chore jako podmiot wsparcia	253
Agnieszka Wojtukiewicz, Moda a społeczeństwo – od XX wieku do jutra.....	263
Bartosz Woźniak, Separacja jako alternatywa dla rozwodu. Rozważania na tle uregulowań prawnych, orzecznictwa i doktryny	273
Joanna Wrzosekiewicz, Problem werbalizacji emocji.....	281
Karolina Ziaja, Sposoby aktywizacji bezrobotnych na terenie województwa świętokrzyskiego.....	289
Spis treści części 2. (Nauki Przyrodniczo-Ekonomiczne)	299

Table of contents of part 1 (Humanistic and Social Sciences)

Introduction	11
Roksana Bilke , Women Performing Men's Professions	13
Oliwia Czaplińska , Guarantee and Warranty for Legal and Physical Defects of Things. What, why and when is the consumer entitled to?	23
Maciej Długosz , Bullying in the Polish Legal System	31
Dominika Dziuba , The Role of Communication in the Process of Managing Organisation	39
Krzysztof Gasiński , Insanity and Limited Sanity in Criminal Perpetrators	49
Karolina Grudzień , Paganini - The Mystery of the Image	57
Beata Hamera , How to Communicate to be Understood?	65
Iwona Jedynek , Gatekeeping – Between Information Selection and Manipulation	73
Agnieszka Józwik , Medical Professional Liability	83
Anna Kapusta , Interpersonal Conflicts in Organisation	91
Karolina Klimczyk , Violence Against the Elderly as a Problem of Individuals and Society	99
Izabela Kowalska , Liability for Damages in Civil Law	111
Marlena Krzos , Influence of Non-Governmental Organizations on Local Government	117
Martyna Kuroś , Opinions of Youth on Value of Family	127
Mateusz Lisak , The Impact of Environmental Conditions on the Organization and Structure of Trade in the Selected Roman Ports at the Red Sea	133
Krzystian Łata , Contemporary Perception and Experiencing of Old Age	145
Dariusz Łuczak , Intervention Actions for Families in Crisis	155
Katarzyna Madej , Can Classic Fairy Tales Stimulate Creative Thinking of Children?	165
Katarzyna Nawrot , Black Cats, Bad Charms, Spilled Salt ... Of Knowledge of and Beliefs in Superstitions in the Świętokrzyski Region	175
Justyna Pabiańczyk , Social Media as a Modern Tool of Social Communication	187
Justyna Pinda , The Importance of Consumerism for Humans and Their Relationships with Others	197
Katarzyna Polit , Pragmatics of Advertising Slogans: Modality and Graduation of Attributes	209
Natalia Stachurska, Katarzyna Fiuk , Human's Knowledge of Applicable Law versus Their Environment	215
Katarzyna Styk , Modern Forms of Education in Industrial Tourism with the Example of the “Following Stanislaw Staszic's Footsteps in Świętokrzyski Region” route	225
Emilia Toporek , Marital Law in the Family and Guardianship Code of 25 February 1964 and the Institution of Marriage in Ancient Rome	237
Iryna Vitiuk, Aleksandra Zebrzowska , The Relation between Preview, Headline and Text of an Internet Article	247

Karolina Wiśniewska , Chronically Ill Child as Entity of Support.....	253
Agnieszka Wojtukiewicz , Fashion and Society – From 20th Century Towards Tomorrow.....	263
Bartosz Woźniak , Separation – An Alternative to Divorce. Regulatory Considerations, Case Law and Doctrine	273
Joanna Wrzokiewicz , The Issue of Verbalising Emotions	281
Karolina Ziaja , Methods of Activating the Unemployed in the Świętokrzyskie Voivodeship	289
Table of contents of part 2 (Environmental and Economic Sciences)	299