

Wstęp

Biotechnologia jest uważana za jedną z dziedzin, która będzie decydować o prawidłowym rozwoju gospodarki w naszym wieku. Jest niezwykle rozległym obszarem działalności technicznej człowieka i jej rozwój jest zależny od współdziałania między różnymi dziedzinami nauki i techniki. Biotechnologia jest, paradoksalnie, stosunkowo nową dziedziną nauki, a jednocześnie jedną z najstarszych gałęzi aktywności gospodarczej człowieka.

Termin „biotechnologia” pochodzi od trzech greckich słów: *bios* (βίος) – życie; *technos* (τεχνήσις) – technika i *logos* (λόγος) – myślenie.

Istnieje wiele definicji biotechnologii. Chyba najszerszą podaje Konwencja o różnorodności biologicznej ONZ, według której „*biotechnologia oznacza zastosowania technologiczne, które używają systemów biologicznych, organizmów żywych lub ich składników, żeby wytwarzać lub modyfikować produkty lub procesy o określonym zastosowaniu*”. Z kolei najprostszą definicję można znaleźć w Wikipedii, która definiuje ją jako dyscyplinę nauk technicznych wykorzystującą procesy biologiczne na skalę przemysłową [1]. W końcu wypada podać też definicję przyjętą za OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju) przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, która brzmi: „*Biotechnologia to interdyscyplinarna dziedzina nauki i techniki zajmująca się zmianą materii żywej i nieożywionej poprzez wykorzystanie organizmów żywych, ich części lub pochodzących od nich produktów, a także modeli procesów biologicznych w celu tworzenia wiedzy, dóbr i usług*”.

Tęczowy kod biotechnologii

Znanych jest kilka podziałów biotechnologii, ale chyba najpopularniejszym jest tradycyjny, bazujący na kolorach. Zazwyczaj wymienia się cztery kolory: czerwony, biały, zielony i fioletowy. Istnieje także podział szerszy, wykorzystujący znacznie szerszą gamę barw – nieomal wszystkie barwy tęczy.

Jak każdy podział, także i ten nie jest zbytnio precyzyjny ani jednoznaczny. Niektóre kolory opisują bardzo zaawansowane naukowo i technologicznie działy biotechnologii, niektóre zaś te, które dopiero raczkują. Oczywiście jest też, że różni autorzy podają różne podziały i nie muszą one być zbieżne. Na przykład, wiele źródeł pod nazwą białej biotechnologii ujmuje zarówno biotechnologiczne procesy przemysłowe, jak i ochronę środowiska, podczas gdy inne uważają, że są to działy białej i szarej biotechnologii. Inne klasyfikacje nadają kod biały biotechnologii białej tym procesom przemysłowym i ochrony środowiska, które korzystają z organizmów modyfikowanych genetycznie, a szarej tym, które nazwać można klasycznymi fermentacjami. Jak widać, kolorowy kod biotechnologii dopiero się uciera i nie należy go traktować zbyt ortodoksyjnie.

Największą liczbę barw wykorzystuje podział na biotechnologie (za *Electronic Journal of Biotechnology*):

- zieloną, która służy produkcji i przygotowaniu żywności
- żółtą, która służy produkcji żywności i pasz
- czerwoną, która jest skierowana na potrzeby służby zdrowia
- białą, czyli biotechnologię przemysłową
- szarą, która obejmuje biologiczne procesy ochrony środowiska
- niebieską, czyli biotechnologię mórz i oceanów
- brązową, czyli biotechnologię obszarów suchych i pustynnych

- złotą, czyli biotechnologię, bioinformatykę, nauki komputerowe i konstrukcję czipów
- fioletową, która obejmuje problemy prawne, etyczne i filozoficzne pojawiające się wraz z rozwojem biotechnologii
- ciemną, która dotyczy bioterroryzmu i problemów związanych z bronią biologiczną.

Ten podział jest również niekompletny, bo nie uwzględnia, na przykład, burzliwie rozwijającemu się działowi biotechnologii, jakim jest nanobiotechnologia. Na szczęście w paletce barw tęczy jest jeszcze kilka, które nie zostały wykorzystane.

Zielona biotechnologia

W XVIII w. pastor Thomas Malthus analizował relacje między wzrostem populacji ludzi i możliwościami produkcji żywności [2]. Badania te wskazywały, że ludzkość skazana jest na permanentne niedobory żywności, wynikające z faktu, że wzrost populacji ludzi znacznie przekracza potencjał rolnictwa do odpowiedniego zwiększenia produkcji żywności. Jednak historia ostatnich dwustu lat zdaje się dowodzić, że teoria Malthusianie jest prawdziwa – dzięki postępowi wiedzy (w szczególności „zielonej rewolucji”) wzrost produkcji żywności był nie tylko proporcjonalny do wzrostu populacji, ale w pewnych okresach i krajach był nawet istotnie większy.

Zielona biotechnologia powszechnie uważana jest za następny etap zielonej rewolucji i stwarza nadzieję na skuteczną walkę z głodem na ziemi. Stosuje ona techniki pozwalające na produkcję roślin bardziej plennych i odpornych na zmiany biotyczne i abiotyczne, koncentruje się również na produkcji przyjaznych dla środowiska nawozów i biopestycydów [3]. Głównymi technikami stosowanymi w zielonej biotechnologii są:

- hodowle *in vitro* komórek roślinnych pozwalające na reprodukcję całych roślin lub ich organelli
- zastosowanie inżynierii genetycznej w celu otrzymania roślin (i w mniejszym zakresie zwierząt) posiadających pożądane cechy (GMO)
- hodowla z zastosowaniem markerów molekularnych – połączenie tradycyjnej hodowli selekcyjnej z inżynierią genetyczną
- hodowla selekcyjna z zastosowaniem techniki podwojonych haploidów, która pozwala hodowcom na badanie dużych populacji roślin celem selekcji tych o najlepszych właściwościach.

Stosowanie tych technik budzi sporo emocji i kontrowersji [4, 5]. Niepotrzebnie, bowiem od zarania dziejów, to właśnie modyfikacje genetyczne były podstawą udomowienia roślin i zwierząt. Co więcej, nie ma w tej chwili ani jednego gatunku uprawnego, ani hodowlanego, który nie byłby zmodyfikowany genetycznie. Wątpliwości i obawy wynikają głównie z braku wiedzy o relacji tych technik z dotychczas stosowanymi technikami selekcyjnymi.

Dobrym przykładem jest tu tak zwany „złoty ryż” zawierający geny żonkila, zdolny produkować β -karoten, prekursor witaminy A [6]. W tradycyjnym pożywieniu Azjatów występuje silny niedobór karotenoidów. Mimo że w Azji ponad 230 mln ludzi cierpi na kurzą ślepotę i procent dzieci noszących okulary jest wprost zatrważający, złoty ryż mogący rozwiązać ten problem nie został wprowadzony do rolnictwa ze względu na silny opór organizacji ekologicznych. Greenpeace nawet nazwał złoty ryż „puszką Pandory” [7].

Czerwona biotechnologia

Biotechnologia w ochronie zdrowia, biotechnologia medyczna, czy farmaceutyczna, to synonimy czerwonej biotechnologii. Jej obszary działania, to produkcja szczepionek i antybiotyków, poszukiwanie nowych leków, terapie regeneratywne, sztuczne organy oraz nowe techniki diagnostyczne [8]. Wszystkie te działy nie budzą większych emocji, chociaż dość powszechnie stosują techniki biologii molekularnej. Na przykład, zainteresowanie i przychylność budzą pomidory o zwiększonej zawartości antocyjanin zapobiegające rozwojowi nowotworów [9], czy szczepionka przeciw żółtaczce zawarta w sałacie [10]. Nie budzi też emocji wykorzystanie zwierząt transgenicznych do produkcji leków ratujących życie, żeby wspomnieć tylko: antytrobinę III (przeciw genetycznie warunkowanej odporności na heparynę, genetycznie modyfikowane kozy i chomiki chińskie), czynnik krzepnięcia krwi (przeciw hemofilii, owce), czy α -I-antytrypsyna (stosowana w rozedmie płuc i zwłóknieniu torbielowatym, kozy i owce) [11 ÷ 15]. Dobrym przykładem rekombinowanego białka jest *Gensulina* firmy Bioton. Jest to ludzka insulina, do wytwarzania której wykorzystuje się zrekombinowane mikroorganizmy [16]. Produkt ten pozwolił znacznie zaoszczędzić wydatki na ten lek w Polsce przez obniżenie ceny insuliny i zmniejszenie kosztów importu. Więcej emocji budzi terapia genowa, a to dlatego, że jej wyniki są mocno kontrowersyjne i nie wykroczyła ona poza fazę eksperymentalną [17].

Uważa się, że medycyna przyszłości będzie się w dużej mierze opierać na nowych metodach diagnostycznych. Wielki potencjał w rozwoju tych metod tkwi w rozwoju diagnostyki molekularnej, różnych „-omik” (genomice, proteomice, metabolomice i ich mutacjach), zastosowaniu bibliotek przeciwciał, substratów i inhibitorów enzymów oraz miniaturyzacji systemów diagnostycznych (przykładem mogą tu być systemy *lab-in-chip*) [18].

Czerwona biotechnologia dobrze rozwija się w Polsce, a firmy reprezentujące tę gałąź biotechnologii, to 50% wszystkich firm biotechnologicznych. Dzisiaj pozyskiwanych jest kilka niezmiernie cennych preparatów z wykorzystaniem nowoczesnych technik inżynierii genetycznej, takich jak: hormony, komórki macierzyste, przeciwciała monoklonalne, siRNA, czy testy diagnostyczne.

Biała technologia

Biała biotechnologia, inaczej biotechnologia przemysłowa, wykorzystuje systemy biologiczne w produkcji przemysłowej. Procesy takie rozwijają się bardzo dynamicznie i z powodzeniem konkurują z metodami tradycyjnymi [19]. Na świecie stosuje się je na szeroką skalę w takich dziedzinach, jak: przemysł chemiczny, farmaceutyczny, kosmetyczny, celulozowo-papierniczy, tekstylny, garbarski, spożywczy czy energetyczny. Biała biotechnologia, to największy dział biotechnologii nastawionej na:

- zastąpienie tradycyjnych procesów przemysłowych procesami biokatalicznymi i wytwarzanie wysokowartościowych produktów takich, jak: farmaceutyki, kosmetyki, specyficzne chemikalia (ang. *fine chemicals*) i dodatki do żywności
- wytwarzanie biodegradowalnych tworzyw sztucznych i polimerów o szczególnych właściwościach (między innymi polimerów typu „smart”)
- wytwarzanie paliw z odnawialnych surowców lub za pomocą fotosyntezujących mikroorganizmów (w tym modyfikowanych genetycznie)
- produkcja przemysłowo ważnych enzymów i mikroorganizmów.

Biała biotechnologia szczególnie naciska kładzie na wykorzystanie substratów odnawialnych oraz procesy przyjazne dla środowiska, a tym samym jest jedną z technik „zielonej chemii” [20].

Nowym nurtem białej biotechnologii jest projektowanie procesów i technologii zwanych biorafinacjami [21]. W swoich założeniach naśladują one tradycyjne rafinerie bazujące na surowcach kopalnych: wykorzystywany surowiec jest frakcjonowany w celu dalszej obróbki bądź uformowania produktu. Różnorodność składu biomasy zapewnia możliwość produkowania zarówno chemikaliów masowych (jak bio-

paliwa), jak i związków o wysokiej wartości (jak farmaceutyki), przy jednoczesnym generowaniu ciepła i energii potrzebnych do obsługi zakładu produkcyjnego.

Fioletowa biotechnologia

Jak każda nowa dziedzina wkraczająca bardzo szeroko i dynamicznie w nasze życie tak i biotechnologia wzbudza kontrowersje i obawy, oraz generuje problemy prawne związane, głównie z patentowaniem wyników prac biotechnologicznych. Powstaje mnóstwo dylematów moralnych i rozważań natury etycznej. W tych kwestiach będących domeną etyków, organizacji religijnych i filozofów – przekonania ludzi zawsze będą się różnić. Stąd też tak zdumiewająca intensywność sporu pomiędzy zwolennikami a przeciwnikami biotechnologii.

Pojawienie się tych problemów spowodowało, że powstała nowa gałąź biotechnologii – fioletowa biotechnologia, która stara się je porządkować i rozwiązywać, a także stanowi dogodnie forum do dyskusji [22]. Za datę kluczową w jej powstaniu można uznać 16 lipca 1980 r., kiedy to Sąd Najwyższy Stanów Zjednoczonych wydał wyrok stanowiący, że można patentować organizmy modyfikowane genetycznie.

Pozostałe kolory biotechnologii

Omówione działy biotechnologii uważane są za cztery najważniejsze (gdy przyjąć koncepcję, że problemy ochrony środowiska wchodziły w skład białej biotechnologii). W tym rozdziale omówione zostaną krótko, potraktowane jako przykłady, trzy inne działy biotechnologii – żółty, niebieski i brązowy.

Żółta biotechnologia można uznać za najstarszy dział biotechnologii – jest to bowiem biotechnologia żywności i pasz (choć według innego podziału jest to biotechnologia owadów). Ponad 10 000 lat temu nasi przodkowie potrafili produkować wino, piwo, sery i chleb używając metod fermentacyjnych. Na przykład, Egipcjanie potrafili produkować ciasto drożdżowe i w części dzięki temu wynalazkowi produkowali oni ponad 50 gatunków chleba.

Dzisiaj żółta biotechnologia to takie udoskonalanie żywności, aby była ona jak najpożywniejsza i miała cechy prozdrowotne. Uzyskuje się to przez enzymatyczną lub mikrobiologiczną (także za pomocą organizmów modyfikowanych genetycznie) modyfikację składu i właściwości żywności, eliminację przyczyn alergii i składników powodujących nietolerancję żywności, czy syntezę składników o właściwościach prozdrowotnych. Specjalnym zainteresowaniem żółtej biotechnologii cieszy się tak zwana żywność funkcjonalna zwana też żywnością probiotyczną lub nutraceutyczną [23]. Idea żywności funkcjonalnej ma związek z filozoficzną tradycją Wschodu, w której nie dokonuje się wyraźnego rozróżnienia między pożywieniem a lekarstwem. Powszechnie wiadomo bowiem, że jednym ze sposobów zapobiegania chorobom jest stosowanie dobrze zbilansowanej i zrównoważonej diety. Za prekursora, który zapoczątkował rozwój kategorii żywności funkcjonalnej, uważany jest hipoałergiczny ryż, wyprodukowany w Japonii na początku lat 90. ub. w. [24]. Dzisiaj wyłoniły się trzy dominujące grupy żywności funkcjonalnej, różniące się wpływem na organizm: wspierające układ pokarmowy, układ krążenia oraz układ odpornościowy.

Niebieska biotechnologia eksploatuje morza i oceany jako źródło produktów i zastosowań przemysłowych [25]. Morze to środowisko charakteryzujące się największą bioróżnorodnością, co sprawia, że wiele sektorów gospodarki może odnosić korzyści czerpiąc z jego bogactw i z rozwoju niebieskiej biotechnologii. Niewątpliwie produkcja specyficznych surowców, które znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki, jest dzisiaj największym działem niebieskiej biotechnologii. Należą do nich hydrokoloidy i substancje żelujące szeroko stosowane w przemyśle spożywczym, ochronie zdrowia i produkcji kosmetyków. Najnowszym surowcem niebieskiej biotechnologii jest nowa generacja biopaliw produkowanych przez fotosyntezujące mikroalgi. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że bio-oleje produkowane przez te algi mogą

znaleźć zastosowanie w produkcji pełnej gamy paliw, takich jak: benzyna, olej napędowy czy paliwo lotnicze, czyli o takim zakresie zastosowań jak aktualnie stosowane produkty petrochemiczne [26]. Także medycyna i nauka są beneficjentami rozwoju tej biotechnologii. Markery molekularne otrzymane z organizmów słonowodnych są coraz powszechniej używane w badaniach naukowych. Także efekторы enzymów wyizolowane z morskich organizmów znajdują coraz szersze zastosowanie w medycynie, diagnostyce i badaniach naukowych.

Brązowa biotechnologia zajmuje się zarządzaniem rejonami suchymi i pustyniami [27]. Występują one na znacznym obszarze Afryki, gdzie dwie trzecie kontynentu to obszary suszy i pustynie. Co więcej, są to obszary najbardziej zagrożonych krajów świata z szybkim przyrostem naturalnym, skąpymi zasobami naturalnymi, słabą bazą technologiczną, złą edukacją oraz nieodpowiednią infrastrukturą techniczną. W świetle tych problemów korzystnym rozwiązaniem może być stosowanie organizmów modyfikowanych genetycznie, a mianowicie ulepszonego ziarna i odpornych na choroby roślin zapewniających wysokiej jakości plony w rejonach o niskim nawodnieniu. Szczególnie ważny jest rozwój hodowli roślin przystosowanych do warunków pustynnych, rozwój upraw hydroponicznych, szczególnie tych wykorzystujących słoną wodę, oraz racjonalne wykorzystanie wody i ścieków.

Dobrym przykładem możliwości, jakie stwarza brązowa biotechnologia, jest fascynujący projekt Magnusa Larsona, szwedzkiego studenta architektury, projekt, który może znaleźć zastosowanie w praktyce [28]. Pracując nad sposobem zahamowania rozprzestrzeniania się Sahary zaproponował użycie *Bacillus pasteurii*, bakterii które produkują kamienie wapienne, które zestalają się w ciągu 24 godzin i są zdolne stabilizować pustynię przez utworzenie substancji przypominającej cement. Te bakterie zdolne są utworzyć mur o długości 6 000 kilometrów między Dżibuti a Mauretanią. Larson zasugerował, że w tym celu można użyć wydm zaszczipiając je *Bacillus pasteurii*, bakterii powszechnie spotykanych na mokradłach. Te bakterie nie są patogenne i giną po zestaleniu piasku. Ten pomysł powstał w trakcie realizacji pracy badawczej w laboratorium profesora Jasona de Jonga na Uniwersytecie Kalifornijskim w Davis, konsultowanego przez profesora Stefano Ciurli, biochemika w Uniwersytecie w Bolonii [29].

Podsumowanie

Biotechnologia z jednej strony jest często nazywana lokomotywą postępu nauki XXI wieku, a z drugiej zagrożeniem rozwoju ludzkości. Tak gwałtowny spór wywołuje głównie zielona biotechnologia. Biała i czerwona biotechnologia nie budzą takich kontrowersji, ponieważ dają namacalne, pozytywne skutki dla konsumenta, czy pacjenta. Często są to tak wielkie korzyści, jak ratunek dla zdrowia czy życia. Warto jednak pamiętać, że uprawy roślin zmodyfikowanych genetycznie, choć budzą lęk, przynoszą korzyści. Na przykład, w Afryce uodpornienie batatu na jedną chorobę wirusową może podnieść – bez dodatkowych nakładów i z dnia na dzień – plon o 60%, zapewniając możliwość przeżycia wielu rodzin. Pojawia się więc pytanie, czy syty, biały ekolog ma moralne prawo podejmować akcje przeciw wprowadzeniu tej genetycznie modyfikowanej rośliny?

Podziękowania

Praca została współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach projektu „Biotransformacje użyteczne w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym”, nr projektu POIG.01.03.01-00-158/09-05, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Literatura

1. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Biotechnologia>
2. Malthus T.R.: *Prawo ludności*. Przekład Stein K., Jirafa Roja, Warszawa 2007.
3. Laursen L.: *How green biotech turned white and blue*. Nature Biotechnology 2010, **28**, 393.
4. McHughen A.: *Public perceptions of biotechnology*. Biotech. J. 2007, **2**, 1105.
5. Anioł A., Bielecki S., Twardowski T.: *Genetycznie modyfikowane organizmy – szanse i zagrożenia dla Polsk*. Nauka 2008, **1**, 63.
6. Ye X., Al-Babili S., Klöti A., Zhang J., Lucca P., Beyer P., Potrykus I.: *Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm*. Science 2000, **287**, 303.
7. Greenpeace. All that glitters is not gold: false hope for golden rice. 2005 <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/all-that-glitters-is-not-gold/>
8. Sasson A.: *Medical Biotechnology: Achievements, Prospects and Perceptions*. United Nations University Press, Tokyo 2005.
9. Butelli E., Titta L., Giorgio M., Mock H., Matros A., Peterek S., Schijlen E., Hall R., Bovy A.G., Luo J., Martin C.: *Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors*. Nature Biotechnology 2008, **26**, 1301.
10. Kapusta J., Modelska A., Figlerowicz M., Pniewski T., Letellier M., Lisowa O., Yusibov V., Koprowski H., Plucienniczak A., Legocki A.B.: *A plant-derived edible vaccine against hepatitis B virus*. FASEB J. 1999, **13**, 2339.
11. Schröder M., Friedl P.: *Overexpression of recombinant human antithrombin III in Chinese hamster ovary cells results in malformation and decreased secretion of recombinant protein*. Biotechnol. Bioeng. 1997, **53**, 547.
12. Kong Y., Zhang G., Luo J., Liu X., Ma G., Zhao Y., Yuan S., Su Z.: *Facile purification and characterization of recombinant human antithrombin III from transgenic goat milk*. Chem. Technol. Biotechnol. 2011, **86**, 1303.
13. Liras A.: *Recombinant proteins in therapeutics: haemophilia treatment as an example*. Int. Arch. Med 2008, **1**, 4.
14. Wright G., Carver A., Cottom D., Reeves D., Scott A., Simons P., Wilmot I., Garner I., Colman A.: *High level expression of active human alpha-1-antitrypsin in the milk of transgenic sheep*. Biotechnology 1991, **9**, 830.
15. Sandhaus R.A.: *alpha-1-Antitrypsin deficiency 6: New and emerging treatments for alpha-1-antitrypsin deficiency*. Thorax 2004, **59**, 904.
16. Borowicz P., Jaromińska M., Karabin L., Plucienniczak A.: *Polska rekombinowana insulina ludzka*. Terapia i Leki 2001, **3**, 47.
17. Li S.-D., Huang L.: *Gene therapy progress and prospects: non-viral gene therapy by systemic delivery*. Gene Therapy 2006, **13**, 1313.
18. McPhee S., Papadakis M., Rabow M.W.: *Current Medical Diagnosis & Treatment*. McGraw-Hill Medical 2011.
19. Kafarski P.: *Biała biotechnologia*. W książce Misja nauk chemicznych. Ed. B. Marciniak, Wydawnictwo Nauka i Innowacje, Poznań 2011.
20. Burczyk B.: *Zielona Chemia – Zarys*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
21. Kamm B., Gruber P.R., Kamm M.: *Biorefineries – Industrial Processes and Products Review: status Quo and Future Directions*. Wiley-VCH, Weinheim 2006.
22. Jameel S.: *Ethics in biotechnology and biosecurity*. Indian J. Med. Microbiol. 2011, **29**, 331.
23. Siró I., Kaploná E., Kaploná B., Lugasi A.: *Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review*. Appetite 2008, **51**, 456.
24. Watanabe M., Miyakawa J., Ikezawa Z., Suzuki Y., Hirao T., Yoshizawa T., Arai S.: *Production of hypoallergenic rice by enzymatic decomposition of constituent proteins*. J. Food Sci. 1990, **55**, 781.
25. *Frontiers in Marine Biotechnology*, Eds. P. Proksch, W.E.G. Müller, Horizon Bioscience 2006.
26. Kröger M., Müller-Langer F.: *Review on possible algal-biofuel production processes*. Biofuel 2012, **3**, 333.
27. Da Silva E.J., Baydoun E., Badran A.: *Biotechnology and the developing world*. Electron. J. Biotechnol. 2002, **5**, 1.
28. Larsson M.: *Turning dunes into architecture*. 2009.
29. http://www.ted.com/talks/magnus_larsson_turning_dunes_into_architecture.html

Prof. dr hab. inż. Paweł KAFARSKI, profesor Politechniki Wrocławskiej i Uniwersytetu Opolskiego. Sprawuje lub sprawował wiele funkcji typowych dla pracownika akademickiego, z których szczególnie ważną była funkcja prezesa Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Jest współautorem ponad trzystu prac naukowych, które są cytowane w literaturze ponad trzy tysiące razy. Jego zainteresowania naukowe obejmują projektowanie, syntezę i badanie inhibitorów wybranych enzymów jako potencjalnych agrochemikaliów i leków, zastosowania biokatalizy w syntezie organicznej, oraz syntezę i badania wybranych właściwości biologicznych i chemicznych związków aminofosforynowych i ich pochodnych. Jego hobby to badania z zakresu chemii produktów naturalnych. Spośród nagród i wyróżnień szczególnie sobie ceni medal im. Jana Hanusa nadany przez Czeskie Towarzystwo Chemiczne i medal im. Prof. Włodzimierza Trzebiatowskiego nadany przez Senat Politechniki Wrocławskiej. Jest wdzięczny dwóm nauczycielom, którzy ukształtowali jego sylwetkę – historykowi dr. Zbigniewowi Czarnuchowi (szkoła średnia) i prof. Przemysławowi Mastalerzowi (nauczyciel akademicki).
pawel.kafarski@pwr.wroc.pl, (71) 320 36 82