



Politechnika Wroclawska

AUTOREFERAT

przedstawiający opis kariery zawodowej

**„Wykazanie przydatności zastosowania zimnych plazm
atmosferycznych w nanotechnologii, ochronie środowiska,
chemii żywności oraz medycynie”**

dr inż. Anna Patrycja Dzimitrowicz

Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej

Wydział Chemiczny

Politechnika Wroclawska

1. Imię i nazwisko

dr inż. Anna Patrycja Dzimitrowicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

A) Dyplom doktora nauk chemicznych w dyscyplinie chemia, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Wrocław, 2017

Rozprawa doktorska pt.: „*Application of atmospheric pressure glow discharge generated in contact with liquid for synthesis of metallic nanostructures*”. Rozprawę doktorską przygotowałam w języku angielskim.

Promotor: prof. dr hab. inż. Paweł Pohl

Recenzenci: dr hab. inż. Joanna Pawłat, prof. PL oraz prof. dr hab. Rafał Jakub Wiglusz

Rozprawę doktorską obroniłam z wyróżnieniem

B) Dyplom magistra inżyniera chemii, specjalność: Analityka środowiskowa i żywności, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Wrocław, 2012

Praca dyplomowa magisterska pt.: „*Badania reaktywności układu: [Cu(II) – pochodna hydantoiny]. Rola rozpuszczalnika*”. Pracę dyplomową magisterską przygotowałam w języku polskim.

Promotor: prof. dr hab. inż. Maria Cieślak-Golonka

C) Dyplom inżyniera biotechnologii, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Wrocław, 2014

Praca dyplomowa inżynierska pt.: „*Sterylizacja za pomocą plazmy*”. Pracę dyplomową inżynierską przygotowałam w języku polskim.

Promotor: dr hab. inż. Piotr Jamróz, prof. PWr

D) Dyplom inżyniera chemii, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Wrocław, 2011

Praca dyplomowa inżynierska pt.: „*Charakterystyka i analityczne zastosowania mikroplazmy*”. Pracę dyplomową inżynierską przygotowałam w języku polskim.

Promotor: dr hab. inż. Piotr Jamróz, prof. PWr

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w Jednostkach naukowych

- **styczeń 2020 – do chwili obecnej, adiunkt badawczo-dydaktyczny**, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej
- **wrzesień 2018 – grudzień 2019, adiunkt naukowo-dydaktyczny**, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej
- **październik 2017 – sierpień 2018, asystent naukowo-dydaktyczny**, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej
- **kwiecień 2016 – wrzesień 2017, asystent naukowy**, Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy

A) Podstawą ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego jest osiągnięcie naukowe pod tytułem:

„Wykazanie przydatności zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w nanotechnologii, ochronie środowiska, chemii żywności oraz medycynie”

Powyższe osiągnięcie naukowe stanowi monotematyczny cykl dwunastu publikacji, o sumarycznej punktacji Impact Factor (2019) wynoszącej 45, co daje wartość średnią ok. 3.75 w przeliczeniu na 1 pracę (Tabela 1). Sumaryczna liczba punktów MNiSW (2019) tych prac wynosi 1200 (Tabela 1).

Tabela 1. Sumaryczne zestawienie artykułów naukowych, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, wraz z liczbą cytowań (*), liczbą punktów Impact Factor (zgodnie z rokiem opublikowania pracy, **), liczbą punktów Impact Factor (2019,***), oraz punktacją MNiSW (2018-2019, ****). Stan na dzień 08.04.2021.

Lp.	Artykuł	Liczba cytowań*	IF**	IF***	pkt. MNiSW****
Artykuły wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:					
1.	<i>Materials</i> 2018, 11, 3 [H1]	8	2.972	3.057	140
2.	<i>Plasma Processes and Polymers</i> 2019, 16, e1900033 [H2]	-	3.065	3.065	70
3.	<i>Nanomaterials</i> 2018, 8, 398 [H3]	5	4.034	4.324	70
4.	<i>Plasma Chemistry and Plasma Processing</i> 2020, 40, 1037 [H4]	1	2.178	2.178	100
5.	<i>Arabian Journal of Chemistry</i> 2019, 12, 4118 [H5]	21	4.762	4.762	70
6.	<i>Nanomaterials</i> 2020, 10, 1088 [H6]	-	4.324	4.324	70
7.	<i>Nanomaterials</i> 2018, 8, 619 [H7]	4	4.034	4.324	70
8.	<i>Polymers</i> 2020, 12, 784 [H8]	-	3.426	3.426	100
9.	<i>Plasma Processes and Polymers</i> 2018, 15, e1700083 [H9]	8	3.173	3.065	70
10.	<i>Food Chemistry</i> 2021, 336, 127365 [H10]	1	6.306	6.306	200
11.	<i>Scientific Reports</i> 2020, 10, 21166 [H11]	-	3.998	3.998	140
12.	<i>Plasma Chemistry and Plasma Processing</i> 2020, 40, 79 [H12]	4	2.178	2.178	100
SUMA (prace 1-12)		52	44.450	45.007	1200

B) Wykaz publikacji stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego:

[H1]: Dzimitrowicz A.*, Motyka A., Jamroz P., Lojkowska E., Babinska W., Terefinko D., Pohl P., Sledz W. *Application of silver nanostructures synthesized by cold atmospheric pressure plasma for inactivation of bacterial phytopathogens from the genera Dickeya and Pectobacterium*. **Materials** 2018, 11, 3 (* autor do korespondencji, IF **3.057**; pkt. MNiSW **140**)

[H2]: Dzimitrowicz A.*, Krychowiak-Masnicka M, Pohl P., Krolicka A., Cyganowski P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz, P*. *Production of antimicrobial silver nanoparticles modified by alkanethiol self - assembled monolayers by direct current atmospheric pressure glow discharge generated in contact with a flowing liquid anode*. **Plasma Processes and Polymers** 2019, 16, e1900033 (* autorzy do korespondencji, IF **3.065**; pkt. MNiSW **70**)

[H3]: Dzimitrowicz A., Bielawska-Pohl A., diCenzo G.C., Jamroz P., Macioszczyk J., Klimczak A., Pohl P*. *Pulse-modulated radio-frequency alternating-current-driven atmospheric-pressure glow discharge for continuous-flow synthesis of silver nanoparticles and evaluation of their cytotoxicity toward human melanoma cells*. **Nanomaterials** 2018, 8, 398 (* autor do korespondencji, IF **4.324**; pkt. MNiSW **70**)

[H4]: Dzimitrowicz A. *, Bielawska-Pohl A., Pohl P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz P., Malik-Gajewska M., Klimczak A., Cyganowski P. *Application of oil-in-water nanoemulsion carrying size-defined gold nanoparticles synthesized by non-thermal plasma for the human breast cancer cell lines migration and apoptosis*. **Plasma Chemistry and Plasma Processing** 2020, 40, 1037 (* autor do korespondencji, IF **2.178**; pkt. MNiSW **100**)

[H5]: Dzimitrowicz A., Jamroz P.*, diCenzo G., Sergiel I., Kozlecki T., Pohl P. *Preparation and characterization of gold nanoparticles prepared with aqueous extract of Lamiaceae plants and the effect of follow up treatment with atmospheric pressure glow microdischarge*. **Arabian Journal of Chemistry** 2019, 12, 4118 (* autor do korespondencji, IF **4.762**; pkt. MNiSW **70**)

[H6]: Dzimitrowicz A.*, Cyganowski P., Pohl P., Milkowska W., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz P. *Plant extracts activated by cold atmospheric pressure plasmas as suitable tools for synthesis of gold nanostructures with catalytic uses*. **Nanomaterials** 2020, 10, 1088 (* autor do korespondencji, IF **4.324**; pkt. MNiSW **70**)

[H7]: **Dzimitrowicz A.***, Cyganowski P., Pohl P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Terefinko D., Jamroz P. *Atmospheric pressure plasma-mediated synthesis of platinum nanoparticles stabilized by poly(vinylpyrrolidone) with application in heat management systems for internal combustion chambers*. **Nanomaterials** 2018, 8, 619 (* autor do korespondencji, IF **4.324**; pkt. MNiSW 70)

[H8]: Cyganowski P.*, **Dzimitrowicz A.** *A mini-review on anion exchange and chelating polymers for applications in hydrometallurgy, environmental protection, and biomedicine*. **Polymers** 2020, 12, 784 (* autor do korespondencji, IF **3.426**; pkt. MNiSW 100)

[H9]: Jamroz P.*, **Dzimitrowicz A.**, Pohl P. *Decolorization of organic dyes solution by atmospheric pressure glow discharge system working in a liquid flow-through mode*. **Plasma Processes and Polymers** 2018, 15, e1700083 (* autor do korespondencji, IF **3.065**; pkt. MNiSW 70)

[H10]: **Dzimitrowicz A.***, Jamroz P., Cyganowski P., Bielawska-Pohl A., Klimczak A., Pohl P. *Application of cold atmospheric pressure plasmas for high-throughput production of safe-to-consume beetroot juice with improved nutritional quality*. **Food Chemistry** 2021, 336, 127635 (* autor do korespondencji, IF **6.306**; pkt. MNiSW 200)

[H11]: **Dzimitrowicz A.***, Bielawska-Pohl A., Pohl P., Cyganowski P., Motyka-Pomagruk A., Klis T., Policht M., Klimczak A., Jamroz P. *Comprehensive studies on the properties of apple juice treated by non-thermal atmospheric plasma in a flow-through system*. **Scientific Reports** 2020, 10, 21166 (* autor do korespondencji, IF **3.998**; pkt. MNiSW 140)

[H12]: **Dzimitrowicz A.***, Bielawska-Pohl A.*, Jamroz P., Dora J., Krawczenko A., Busco, G., Grillon C., Kieda C., Klimczak A., Terefinko D., Baszczynska A., Pohl P. *Activation of the normal human skin cells by a portable dielectric barrier discharge-based reaction-discharge system of a defined gas temperature*. **Plasma Chemistry and Plasma Processing** 2020, 40, 79 (* autorzy do korespondencji, IF **2.178**; pkt. MNiSW 100)

Praca ta jest również efektem mojej 3-miesięcznej aktywności naukowej w Center for Molecular Biophysics CNRS, Orleans, Francja.

C) Omówienie celu i osiągnięć naukowych przedłożonych do oceny wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

I. Wprowadzenie

Termin „plazma” jest znany od ponad 90 lat, kiedy to w 1927 roku Irving Langmuir używał tej nazwy do opisu zjonizowanego gazu o unikatowych właściwościach. Zimne plazmy atmosferyczne (CAPs, ang. *cold atmospheric plasmas*) są źródłem reaktywnych form tlenu (ROS, ang. *reactive oxygen species*), reaktywnych form azotu (RNS, ang. *reactive nitrogen species*), rodników, promieniowania UV/Vis oraz pola elektromagnetycznego. Zarówno rodzaj, jak i ilość wytwarzanych reaktywnych indywiduów jest ściśle związany z warunkami generowania tych plazm. Wytwarzanie RNS i ROS, tj. np. NO_3^- , NO_2^- , H_2O_2 , OH^\bullet , oraz O_3 przez te plazmy determinuje liczne możliwości zastosowania CAPs.

Popularność wykorzystania technologii CAPs w wielu dziedzinach nauki i techniki stale wzrasta, o czym świadczy liczba opublikowanych prac naukowych w tej tematyce z ostatniej dekady. Mając na uwadze powyższe stwierdzenie, *głównym celem przedstawionego przeze mnie cyklu artykułów naukowych było wykazanie przydatności zastosowania CAP do:*

- a) syntezy funkcjonalnych nanomateriałów [H1-H8] o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych [H1-H2, H8], przeciwnowotworowych [H3-H4, H8], katalitycznych [H6, H8] lub przewodzących ciepło [H7],*
- b) rozkładu związków organicznych [H9],*
- c) funkcjonalizacji soków warzywnych [H10] oraz soków owocowych [H11],*
- d) aktywacji angiogenezy w prawidłowych ludzkich liniach komórek skóry [H12].*

W tych pracach wykazałam możliwości zastosowania różnych rodzajów wyładowań elektrycznych, tj. stałoprądowych wyładowań jarzeniowych, generowanych pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą (dc-APGD, ang. *direct current atmospheric pressure glow discharge*) [H1, H2, H5-H7, H9-H11], modulowanych za pomocą częstotliwości radiowej wyładowań jarzeniowych, generowanych pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą (pm-rf-APGD, ang. *pulse-modulated radio-frequency atmospheric pressure glow discharge*) [H3, H4, H10] oraz wyładowań barierowych (DBD, ang. *dielectric barrier discharge*) [H12], do wytwarzania CAPs. Ponadto, przeprowadziłam szczegółowe prace badawcze, dotyczące charakterystyki CAP. Dostosowałam rodzaj systemu plazmowego, jak również warunki generowania w nim plazmy, celem jej późniejszego

zastosowania w nanotechnologii, ochronie środowiska, chemii żywności oraz medycynie [H1-H7, H9-H12]. Poza tym, analizowałam procesy plazmowe, zachodzące na granicy faz plazma-ciecz, w celu poznania roli CAP w analizowanych dziedzinach nauki [H1-H7, H9-H12]. Dodatkowo, w pracy przeglądowej [H8] przeprowadziłam dyskusję związaną z zastosowaniem nanomateriałów, wytworzonych metodą plazmową, w: katalizie, systemach gospodarowania ciepłem oraz biomedycynie.

II. Wykazanie przydatności zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych w nanotechnologii oraz wykorzystanie tak zsyntetyzowanych nanostruktur metalicznych

Ze względu na to że CAPs są źródłem m.in. ROS, RNS, rodników, promieniowania UV/Vis oraz ciepła, istnieje możliwość zastosowania tych plazm w syntezie nanocząstek (NPs, ang. *nanoparticles*). Biorąc pod uwagę wysoki stosunek powierzchni zewnętrznej drobin do ich objętości, NPs charakteryzują się szeregiem wyjątkowych właściwości elektrycznych, mechanicznych, optycznych czy też chemicznych [H1-H8]. Te specyficzne właściwości czynią nanomateriały obiektami badań wielu badaczy. Dużym zainteresowaniem cieszą się NPs z grupy miedziowców, o czym świadczą ich liczne zastosowania w medycynie, mikrobiologii, optyce czy biosensoryce [H5]. Tematyka badawcza, związana z zastosowaniem CAP do syntezy nanostruktur metalicznych (bez określenia ich zastosowań), została już przeze mnie podjęta w czasie realizacji studiów III stopnia.

W ramach projektu Preludium 9 pt.: *„Zastosowanie mikrowyładowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z przepływającym roztworem do syntezy nanostruktur metalicznych o określonych właściwościach optycznych i granulometrycznych”* (UMO-2015/17/N/ST4/03804, NCN), którego byłam kierownikiem, opracowałam plazmowe metody syntezy nanostruktur metalicznych, tj. nanocząstek złota (AuNPs), srebra (AgNPs), jak również nanostruktur bimetalicznych typu rdzeń-otoczka, tj. Au@AgNPs, w których rdzeń stanowiły AuNPs, natomiast otoczka była wykonana z AgNPs. Zaletą opracowanych plazmowych metod syntezy NPs jest brak konieczności stosowania reduktorów chemicznych, gdyż podczas traktowania roztworu prekursora NPs za pomocą CAP, wytwarzane są ROS i RNS o właściwościach oksydacyjno-redukujących. Te reaktywne formy są zaangażowane w redukcję odpowiednich prekursorów do ich form o rozmiarach nanometrycznych. Co więcej, przepływowy charakter opracowanych systemów plazmowych

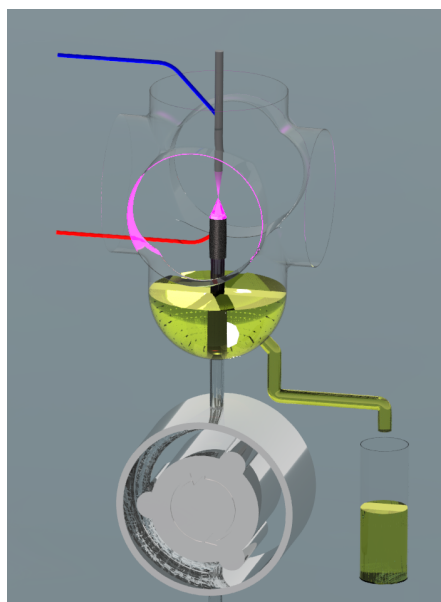
umożliwia syntezę dużych ilości NPs w stosunkowo krótkim czasie, co odróżnia te systemy plazmowe od stacjonarnych układów plazmowych, zaproponowanych przez innych badaczy [1-7]. Do chwili obecnej żadna inna grupa badaczy nie zastosowała CAPs do ciągłej syntezy nanostruktur metalicznych oraz bimetalicznych. Z tego względu sposób plazmowej syntezy nanostruktur Au i Ag, bazujący na wykorzystaniu dc-APGD, generowanego w kontakcie z cieczą w ciągłym systemie przepływowym, jest chroniony polskim patentem nr Pat.231602 (Dzimitrowicz *et al.*, 2016), opracowanym z moich wiodącym udziałem [8]. Odkrycie to również spotkało się z uznaniem środowiska naukowego. Prace poświęcone tej metodzie syntezy NPs były cytowane do dnia 08.04.2021 ponad 75-krotnie (wg. bazy Web of Science).

W ramach projektu Opus 7 pt.: *„Zminiaturyzowane wyladowanie jarzeniowe pod ciśnieniem atmosferycznym generowane w kontakcie z cieczą jako nowe źródło wzbudzenia i atomizacji w analitycznej i optycznej spektrometrii emisyjnej – badanie mechanizmów transportu i wzbudzenia analitów oraz charakterystyka analityczna”* (UMO-2014/13/B/ST4/05013, NCN), w którym byłam wykonawcą, zajmowałam się określeniem procesów plazmochemicznych, prowadzących do syntezy w/w nanostruktur metalicznych. Pozwoliło mi to na zaproponowanie mechanizmów plazmowej syntezy NPs.

Będąc świadomą rosnącego zapotrzebowania na nanomateriały funkcjonalne, w dalszych pracach badawczych podjęłam tematykę naukową, związaną z możliwością dostosowania rodzajów i właściwości wytwarzanych metodą plazmową NPs do ich przyszłych zastosowań w rolnictwie, medycynie, katalizie oraz w systemach gospodarowania ciepłem.

Nawiązując do możliwości zastosowania AgNPs jako nanomateriałów funkcjonalnych do wykorzystania w sektorze rolniczym, podjęłam współpracę z grupą badawczą prof. Ewy Łojkowskiej z Międzyuczelnianego Wydziału Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego (MWB UG i GUMed), celem opracowania innowacyjnej metody ochrony roślin przed bakteryjnymi fitopatogenami z rodzajów *Dickeya* oraz *Pectobacterium*. Sformułowana z moim wiodącym udziałem hipoteza badawcza zakładała, że odpowiedni dobór związku o charakterze stabilizatora, który przeciwdziała agregacji, aglomeracji i sedymentacji AgNPs, wytwarzanych z zastosowaniem chronionej polskim patentem nr Pat.231602 (Dzimitrowicz *et al.*, 2016) plazmowej metody syntezy, jak również odpowiedni dobór warunków generowania CAP, jak i jej źródła (dc-APGD, pm-rf-APGD lub DBD), pozwoli na wytworzenie stabilnych AgNPs, o zdefiniowanych

właściwościach optycznych, strukturalnych oraz antybakteryjnych [H1]. Mając na uwadze zastosowanie AgNPs do inaktywacji bakteryjnych fitopatogenów, jako źródło CAP wybrałam dc-APGD, generowane w kontakcie z przepływającym roztworem prekursora nanostruktur Ag, pełniącym funkcję przepływającej ciekłej anody (FLA, ang. *flowing liquid anode*). Plazmę tę wybrałam ze względu na jej wysokoenergetyczny charakter i możliwość kontrolowania właściwości optycznych i strukturalnych wytwarzanych z jej udziałem nanostruktur Ag. Ponadto, dostosowałam system plazmowy tak aby generować w nim stabilne dc-APGD i zapewnić jak największą wydajność syntezy AgNPs. Wybór związków o charakterze stabilizatora również nie był przypadkowy. Pektyny (PEC) są klasyfikowane jako heteropolisacharydy, występujące w pierwotnej ścianie komórkowej roślin lądowych. Bakterie fitopatogenne, klasyfikowane do rodzaju *Dickeya* spp., jak również *Pectobacterium* spp., wydzielają pektynazy, które rozkładają ten heteropolisacharyd na oligomery [9]. Natomiast dodecylosiarczan sodu (SDS) jest surfaktantem anionowym, który wykazuje właściwości antybakteryjne względem różnych mikroorganizmów [10]. Z tego względu, roztwory prekursora nanostruktur Ag, zawierające odpowiedni stabilizator (PEC lub SDS), traktowałam dc-APGD (Rysunek 1), a następnie produkty tj. PEC-AgNPs lub SDS-AgNPs, poddałam dalszym analizom, celem określenia ich właściwości optycznych oraz strukturalnych [H1].



Rysunek 1. System plazmowy z dc-APGD, generowanym w kontakcie z przepływającym roztworem prekursora AgNPs, pełniącym funkcję FLA. Barwą żółtą zaznaczono miejsce powstawania PEC-AgNPs lub SDS-AgNPs [H1].

Ze względu na straty ekonomiczne jakie wywołują mikroorganizmy chorobotwórcze (w tym przypadku *Dickeya* oraz *Pectobacterium*) w hodowli roślin uprawnych, tj. np. ziemniaków czy marchwi, inaktywacja tych bakterii patogennych ma priorytetowe znaczenie w ochronie roślin. Zaproponowany z moim udziałem sposób inaktywacji fitopatogenów polegał na zastosowaniu plazmonicznych, krystalicznych, sferycznych PEC-AgNPs lub SDS-AgNPs, o średnim rozmiarze $9,33 \pm 3,37$ nm (PEC-AgNPs) oraz $28,3 \pm 11,7$ nm (SDS-AgNPs), do zahamowania wzrostu (oznaczona wartość minimalnego stężenia hamującego; MIC) oraz eradykacji (wyznaczone minimalne stężenie bakteriobójczego; MBC) *Dickeya solani*, *Pectobacterium atrosepticum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* i *Pectobacterium parmentieri* (Tabela 2) [H1]. Analizując uzyskane wyniki można jednoznacznie stwierdzić, że PEC-AgNPs oraz SDS-AgNPs wykazują właściwości przeciwdrobnoustrojowe względem *Dickeya* i *Pectobacterium* spp., stąd mają potencjał do zastosowania w przyszłości jako środki ochrony roślin istotnych gospodarczo.

Tabela 2. Właściwości przeciwdrobnoustrojowe analizowanych nanostruktur Ag [H1].

Szczep	PEC-AgNPs		SDS-AgNPs	
	MIC	MBC	MIC	MBC
	[mg/dm ³]	[mg/dm ³]	[mg/dm ³]	[mg/dm ³]
<i>Dickeya solani</i> IFB0099	5.5	5.5	3.0	3.0
<i>Pectobacterium atrosepticum</i> IFB5103	5.5	5.5	0.75	0.75
<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>brasiliense</i> IFB5390	5.5	5.5	3.0	3.0
<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> IFB5118	5.5	5.5	3.0	3.0
<i>Pectobacterium parmentieri</i> IFB5308	5.5	5.5	3.0	3.0

Skróty zastosowane w Tabeli 2: MIC: minimalne stężenie hamujące; MBC: minimalne stężenie bakteriobójcze.

Mają na uwadze udowodnione właściwości antybakteryjne AgNPs [H1], określono właściwości przeciwdrobnoustrojowe nanostruktur Ag, wytworzonych metodą plazmową, względem innych istotnych mikroorganizmów, tj. drobnoustrojów modelowych oraz patogennych względem ludzi i zwierząt, przynależących do gatunków *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Candida albicans* (badania biologiczne: zespół dr hab. Aleksandry

Królickiej, prof. UG z MWB UG). *Opracowana hipoteza badawcza zakładała, że zastosowanie alkanotiolu, tj. TMA, jako stabilizatora pozwoli uzyskać nanostruktury Ag, tj. TMA-AgNPs, o średnim rozmiarze ok. 1 nm, dedykowane do inaktywacji analizowanych szczepów mikroorganizmów [H2].*

Aby zsyntetyzować TMA-AgNPs, uczestniczyłam w przeprowadzeniu wieloczynnikowej optymalizacji parametrów pracy systemu plazmowego z dc-APGD. Do realizacji tego celu zastosowano zaawansowane metody statystyczne, tj. planowania doświadczeń (DoE, ang. *design of experiment*) oraz metodologię odpowiedzi powierzchni (RSM, ang. *response surface methodology*). Na podstawie zaproponowanego modelu statystycznego, zdefiniowano optymalne warunki pracy systemu plazmowego, w których wytwarzane byłyby najmniejsze i największe TMA-AgNPs [H2]. Stosując szereg technik eksperymentalnych określiłam wybrane właściwości optyczne i granulometryczne TMA-AgNPs [H2]. Stwierdziłam, że zsyntetyzowane w optymalnych warunkach TMA-AgNPs charakteryzowały się sferycznym kształtem, który określiłam z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. Średni rozmiar tych nanostruktur wyniósł $1,21 \pm 0,80$ nm, co wyznaczono z zastosowaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej (pomiar wykonany przez zespół z MWB UG i GUMed) [H2]. Co więcej, potwierdziłam formowanie się na powierzchni AgNPs samoorganizującej się warstwy, złożonej z alkanotiolu. Ponadto, badane NPs wykazały właściwości przeciwdrobnoustrojowe względem mikroorganizmów z gatunków *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Candida albicans* [H2] (badania wykonane przez zespół z MWB UG i GUMed), co otwiera drogę do ich przyszłych zastosowań np. jako aktywnych komponentów do opatrunków.

Razem z badaczami z zespołu prof. Ewy Łojkowskiej z MWB UG i GUMed, podejmowałam również tematykę naukową, związaną z opracowaniem innych, zarówno bezpośrednich jak i pośrednich, sposobów eradykacji bakteryjnych fitopatogenów [P10, 11-13]. Na szczególną uwagę zasługuje opracowany bezpośredni sposób plazmowej inaktywacji mikroorganizmów chorobotwórczych względem roślin, z odpadów ciekłych, który jest chroniony polskim patentem nr Pat.236055 (Dzimitrowicz *et al.*, 2016), opublikowanym z moim wiodącym udziałem [11]. Szczegółowe wyniki przeprowadzonych prac badawczych opisano w prestiżowym czasopiśmie naukowym z zakresu biotechnologii, tj. w *Biotechnology and Bioengineering* [P10], celem wykazania przydatności dc-APGD do bezpośredniej inaktywacji mikroorganizmów chorobotwórczych względem roślin, tj. *D. solani*, *P.*

atrosepticum, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* oraz *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* [P10].

W ramach projektu Opus 17 pt.: „Zbadanie antybakteryjnych właściwości roztworów post-plazmowych uzyskiwanych za pomocą zimnych plazm atmosferycznych względem ekonomicznie istotnych fitopatogenów oraz wpływu tych cieczy na wzrost roślin uprawnych” (UMO-2019/33/B/NZ9/00940, NCN), realizowanym w Konsorcjum, w którym pełnię funkcję Kierownika ze strony Politechniki Wrocławskiej (kierownik projektu dr inż. Wojciech Śledź z MWB UG i GUMed), byłam również zaangażowana w opracowanie pośredniego sposobu eradykacji bakteryjnych fitopatogenów z zastosowaniem roztworów soli nieorganicznych, aktywowanych za pomocą CAP. Przedstawione sposoby inaktywacji bakteryjnych fitopatogenów z zastosowaniem roztworów post-plazmowych są chronione dwoma polskimi patentami nr Pat. 236377 (Motyka, Dzimitrowicz *et al.*, 2019) oraz Pat. 236665 (Dzimitrowicz *et al.*, 2018), które zostały przygotowane z moim wiodącym udziałem [12, 13]. Warto zwrócić uwagę na fakt, że innowacyjność zaproponowanych z moich udziałem sposobów inaktywacji drobnoustrojów chorobotwórczych względem roślin została doceniona przez gremia naukowe jak i gospodarcze. Preparat do stymulacji wzrostu roślin [12] na bazie wykorzystania roztworów aktywowanych plazmą, został wyróżniony nagrodą specjalną Pani Prezes Urzędu Patentowego RP w X edycji konkursu „Student-Wynalazca” (02.2020). Natomiast sposób pośredniej eradykacji fitopatogenów [13] wyróżniono w VIII edycji konkursu „Eureka! DGP – odkrywamy polskie wynalazki”, organizowanym przez Dziennik Gazeta Prawna, Polpharma oraz MNiSW (06.2020). Uzyskanie tych nagród stanowiło dla mnie dalszą motywację do przeprowadzania prac badawczych w tych dziedzinach wiedzy.

Mając na uwadze potrzebę opracowania metod do zwalczania innych bakterii fitopatogennych, w tym mikroorganizmów kwarantannowych, byłam również zaangażowana w prace eksperymentalne, w których zastosowano metodę plazmową w syntezie AgNPs, stabilizowanych za pomocą fruktozy (FRU), tj. FRU-AgNPs, celem ich użycia do inaktywacji bakterii z gatunków *Erwinia amylovora*, *Clavibacter michiganensis*, *Ralstonia solanacearum* oraz *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* [P9]. Badania te prowadzono w MWB UG i GUMed, w specjalnym laboratorium dedykowanym do prac z mikroorganizmami podlegającymi przymusowemu zwalczaniu (mikroorganizmy kwarantannowe). Stwierdzono, że FRU-AgNPs wykazują właściwości przeciwdrobnoustrojowe względem analizowanych mikroorganizmów, więc mają potencjał do zastosowania w ochronie roślin [P9].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykułach naukowych [H1, H2]:

- opracowanie systemów plazmowych do syntezy NPs [H1, H2].
- wybór odpowiedniego źródła CAP do syntezy NPs [H1, H2].
- dostosowanie parametrów pracy systemów plazmowych do syntezy NPs [H1, H2].
- wykazanie przydatności zastosowania CAP w syntezie PEC-AgNPs [H1] oraz SDS-AgNPs [H1].
- określenie roli stabilizatora, tj. PEC [H1], SDS [H1] oraz TMA [H2] w procesie syntezy NPs.
- charakterystyka wybranych właściwości optycznych i strukturalnych NPs [H1, H2].
- udział w opracowaniu unikatowej metody zwalczania bakteryjnych fitopatogenów z rodzajów *Dickeya* oraz *Pectobacterium* z zastosowaniem PEC-AgNPs lub SDS-AgNPs, wytworzonych z użyciem dc-APGD [H1].

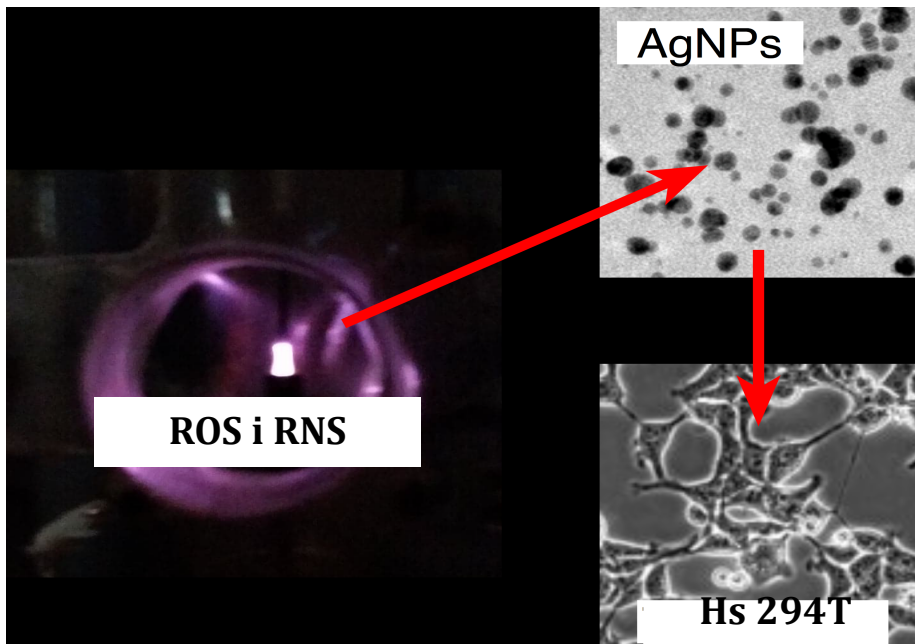
Ze względu na to, że AgNPs i AuNPs wykazują właściwości cytotoksyczne względem wybranych komórek nowotworowych, które zależą od ich rozmiaru, pokroju, dawki oraz czasu aplikacji [14], te NPs mogą być stosowane w medycynie - w leczeniu nowotworów. Obserwując dane statystyczne, związane z dynamiką wzrostu liczby zachorowań na nowotwory w Polsce, w dalszych pracach badawczych szczególną uwagę zwróciłam na możliwość zahamowania tempa proliferacji komórek należących do dwóch linii nowotworowych, tj. czerniaka złośliwego oraz raka piersi, przy zastosowaniu AgNPs lub AuNPs.

W celu analizy cytotoksyczności zsyntetyzowanych nanomateriałów, nawiązałam współpracę z grupą prof. dr hab. Aleksandry Klimczak z Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej Polskiej Akademii Nauk (IITD PAN) we Wrocławiu. Celem wspólnie przeprowadzonych prac badawczych było wykazanie możliwości zastosowania AgNPs do wywołania śmierci nekrotycznej komórek czerniaka ludzkiego linii Hs 294T [H3] oraz nanoemulsji typu olej/woda (O/W) z nanostrukturami Au, do wywołania apoptozy komórek raka piersi linii MCF7, jak również komórek raka piersi linii MDA-MB-231 [H4].

Aby wytworzyć jednorodne pod względem właściwości optycznych i granulometrycznych AgNPs, o pożądanych właściwościach cytotoksycznych, opracowałam

przepływowy system plazmowy, wykorzystujący pm-rf-APGD jako źródło CAP (Rysunek 1 z zastrzeżeniem, że jako źródło CAP jest wykorzystywane pm-rf-APGD). W odróżnieniu od dc-APGD, pm-rf-APGD charakteryzuje się tym, że powierzchnia traktowanego tym wyładowaniem elektrycznym roztworu jest naprzemiennie bombardowana pozytywnymi jonami oraz elektronami, ponieważ polaryzacja elektrod w przypadku tego rodzaju wyładowania elektrycznego zmienia się w sposób ciągły [H3]. *W tym przypadku sformułowana z moim wiodącym udziałem hipoteza badawcza zakładała, że w wyniku traktowania roztworu prekursora AgNPs za pomocą pm-rf-APGD, wytwarzane będą monodispersyjne nanostruktury Ag, jako produkt zachodzących w tym systemie plazmowym zaawansowanych procesów plazmochemicznych [H3].*

W celu weryfikacji sformułowanej hipotezy badawczej i tym samym opracowania nowej metody plazmowej syntezy AgNPs o określonych właściwościach optycznych, strukturalnych oraz cytotoksycznych, dostosowałam przepływowy system plazmowy z pm-rf-APGD jako źródłem CAP. Ponadto, współuczestniczyłam w przeprowadzeniu wieloczynnikowej optymalizacji warunków plazmowej syntezy AgNPs [H3]. Stosując DoE oraz RSM zaproponowano model statystyczny, który pozwolił mi na określenie optymalnych warunków syntezy nanostruktur Ag o najmniejszym rozmiarze, w odniesieniu do położenia maximum absorpcji pasma zlokalizowanego powierzchniowego rezonansu plazmonowego (LSPR, ang. *localized surface plasmon resonanse*) w widmie UV/Vis. Zgodnie z teorią rozpraszania światła, zaproponowaną przez Mie w 1908 roku [15], przesunięcie λ_{\max} pasma LSPR w kierunku fal krótszych świadczy o zmniejszającym się średnim rozmiarze wytwarzanych NPs, co pozwoliło mi na wyciągnięcie wstępnych wniosków na temat rozmiaru AgNPs. Prawidłowość zaproponowanego modelu statystycznego zweryfikowałam wykonując jego walidację. Pomimo tego, że stężenie związku o charakterze stabilizatora nie wpływało na rozmiar wytwarzanych nanostruktur Ag, syntezę AgNPs przeprowadziłam w obecności pektyn, jako biokompatybilnego stabilizatora [H3]. Stwierdziłam, że zsyntetyzowane PEC-AgNPs wykazują kształt sferyczny i charakteryzują się średnim rozmiarem hydrodynamicznym $41,62 \pm 12,08$ nm lub rozmiarem metalicznego rdzenia $10,38 \pm 4,56$ nm. Ponadto, PEC-AgNPs prowadzą w zakresie 70-100% do nekrozy komórek linii czerniaka ludzkiego Hs 294T [H3]. Na Rysunku 2 przedstawiłam podsumowanie prac eksperymentalnych, wykonanych w pracy [H3].



Rysunek 2. Schemat zrealizowanych prac eksperymentalnych, w wyniku których uzyskano zdefiniowane AgNPs, przeznaczone do indukcji śmierci nekrotycznej linii komórek czerniaka Hs 294T [H3].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykule naukowym [H3]:

- wybór źródła CAP do syntezy AgNPs.
- dostosowanie parametrów pracy systemu plazmowego do syntezy AgNPs.
- wykazanie przydatności zastosowania wyładowania jarzeniowego pm-rf-APGD w syntezie AgNPs.
- charakterystyka właściwości optycznych i granulometrycznych wytworzonych AgNPs.
- określenie zaawansowanych procesów plazmochemicznych, prowadzących do syntezy AgNPs.
- opracowanie innowacyjnej w skali światowej plazmowej metody syntezy AgNPs o zdefiniowanych właściwościach optycznych, strukturalnych oraz cytotoksycznych, przeznaczonych do indukcji śmierci nekrotycznej linii komórek czerniaka (Hs 294T).

Do syntezy nieopłaszczonych AuNPs zastosowałam system plazmowy [H4], wykorzystujący jako źródło CAP pm-rf-APGD, który w pracy [H3] wykorzystałam do produkcji AgNPs [H3]. *Hipoteza badawcza zakładała, że w wyniku traktowania roztworu*

prekursora nanostruktur Au z użyciem pm-rf-APGD, w opracowanym systemie plazmowym będą wytwarzane stabilizowane elektrostatycznie AuNPs. Nanostruktury te będą produktami zachodzących w tym układzie zaawansowanych procesów plazmochemicznych [H4].

W celu weryfikacji postawionej z moim udziałem hipotezy badawczej, w pierwszym etapie prac eksperymentalnych wytworzyłam nieopłaszczony AuNPs, stosując do tego celu system plazmowy z pm-rf-APGD jako źródłem CAP [H4]. W tym przypadku konieczne było ponowne przeprowadzenie wieloczynnikowej optymalizacji warunków pracy tego systemu [H4], dlatego ponownie wykorzystano zaawansowane metody statystyczne, tj. DoE oraz RSM [H4]. W kolejnym etapie prac eksperymentalnych brałam udział w sporządzeniu nanoemulsji typu O/W, złożonej z olejku kumarynowego, AuNPs, oraz roztworu żelatyny kostnej. Jej przygotowanie miało na celu sfunkcjonalizowanie powierzchni AuNPs za pomocą aktywnych składników olejku kumarynowego, celem zwiększenia ich właściwości przeciwnowotworowych [16, H4]. Wspomniana nanoemulsja typu O/W była złożona ze sferycznych AuNPs o średnim rozmiarze NPs metalu $4,6 \pm 1,0$ nm, wykazujących strukturę krystaliczną, tj. przynależność do regularnego układu krystalograficznego o typie komórki Bravias *fcc* (ang. *face centered cubic*) [H4]. Następnie, scharakteryzowano właściwości cytotoksyczne sformułowanej nanoemulsji typu O/W względem linii nieprzerzutujących komórek raka piersi MCF7, jak również linii przerzutujących komórek raka piersi MDA-MB-231 [H4]. Na podstawie przeprowadzonych testów wykazano aż 62% (dla MCF7) i 55% (dla MDA-MB-231) redukcję w obserwowanej liczbie żywych komórek po ich traktowaniu przygotowaną nanoemulsją typu O/W, w porównaniu do grupy kontrolnej [H4]. Analizując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że wytworzona nanoemulsja typu O/W może być stosowana do wywołania apoptozy komórek z linii komórkowej raka piersi (MCF7 oraz MDA-MB-231).

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykule naukowym [H4]:

- opracowanie metody plazmowej syntezy nieopłaszczonych AuNPs o określonych właściwościach optycznych i strukturalnych.
- dostosowanie warunków pracy systemu plazmowego z pm-rf-APGD.
- wykazanie przydatności zastosowania CAP w syntezie nieopłaszczonych AuNPs.

- charakterystyka określonych właściwości optycznych i granulometrycznych wytworzonych AuNPs.

- udział w sporządzeniu formuły nanoemulsji typu O/W, z nieopłaszczonymi nanostrukturami Au, o właściwościach cytotoksycznych względem linii komórkowych nowotworu piersi zarówno nieprzerzutujących, tj. MCF7, jak również przerzutujących, tj. MDA-MB-231.

W swojej działalności naukowej realizowałam również prace doświadczalne, determinujące wpływ zaawansowanych procesów plazmochemicznych, zachodzących w traktowanych za pomocą CAP zawiesinach nanokoloidalnego Au [H5] lub aktywowanych za pomocą CAP wodnych roztworach ekstraktów roślinnych [H6], na właściwości AuNPs [H5, H6]. Ponadto, porównałam również właściwości granulometryczne nanostruktur Au [P1, P3, P4] oraz Fe₃O₄ [P2], zsyntetyzowanych dwoma sposobami, tj. a) z udziałem CAP [H5, H6] oraz b) z udziałem naturalnych substancji redukujących, tj. wodnych roztworów ekstraktów roślinnych [H5, H6], miodów [P1], olejków eterycznych [P2, P3] oraz wina [P4].

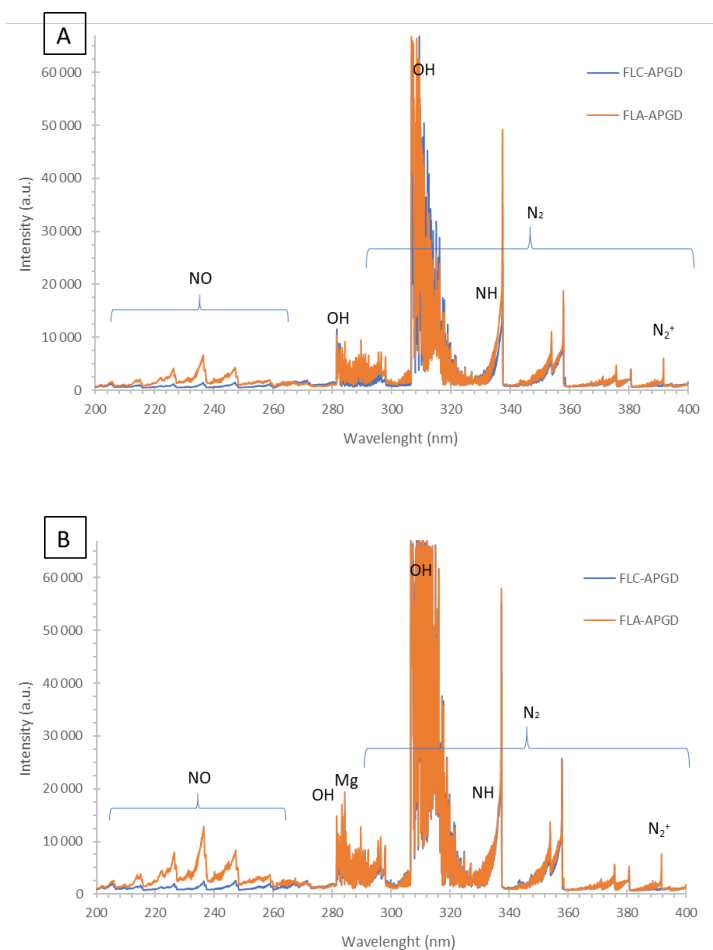
Prace badawcze [H5, H6] rozpoczęłam od sformułowania hipotezy badawczej. *Podstawowa hipoteza badawcza zakładała, że bezpośrednie traktowanie za pomocą CAP wodnych roztworów ekstraktów roślinnych z wytworzonymi nanostrukturami Au [H5], jak i czystych wodnych roztworów ekstraktów roślinnych [H6] przyczyni się do zmiany właściwości granulometrycznych powstałych nanostruktur Au.*

Do syntezy AuNPs zastosowałam pięć różnych gatunków roślin, tj. Szałwię lekarską [H5], Miętę pieprzową [H5], Melisę lekarską [H5], Wszechlek żeń-szeń [H6] oraz Miłorząb japoński [H6]. Przygotowane wodne roztwory ekstraktów roślinnych zmieszałam z roztworem prekursora nanostruktur Au (*pierwszy sposób syntezy nanomateriałów*) [H5] lub wprowadziłam do układu reakcyjno-wyładowczego z dc-APGD, celem jego traktowania za pomocą CAP (*drugi sposób syntezy nanomateriałów*) [H6].

Odnosząc się do **pierwszego sposobu wytwarzania AuNPs**, potwierdziłam jego skuteczność do syntezy stabilnych w czasie AuNPs. Stosując wodny ekstrakt z Szałwii lekarskiej uzyskałam AuNPs o średnim rozmiarze NPs metalu $15,1 \pm 10,2$ nm [H5]. W pozostałych przypadkach otrzymane przeze mnie AuNPs wykazywały następujące rozmiary NPs metalu: $55,1 \pm 48,4$ nm (wodny ekstrakt z Mięty pieprzowej) [H5] oraz $19,5 \pm 24,3$ nm (wodny ekstrakt z Melisy lekarskiej) [H5]. Zbadałam również wpływ CAP,

generowanej w wyniku dc-APGD w przepływowym systemie plazmowym, na rozmiar uzyskiwanych w/w metodą AuNPs. Biorąc pod uwagę oddziaływania plazma-ciecz, spodziewałam się zmniejszenia rozmiaru wprowadzanych do systemu plazmowego AuNPs. Niestety, w wyniku traktowania zawiesiny nanokoloidalnego Au dc-APGD stwierdziłam aż 3-krotne zwiększenie rozmiaru AuNPs w stosunku do nietraktowanych zawiesin nanokoloidalnego Au [H5]. Ma to związek z odparowaniem roztworu w wyniku jego traktowania CAP, co w efekcie prowadzi do jego zagęszczenia [H5].

Odnosząc się do zaproponowanego przeze mnie **drugiego sposobu** wytwarzania AuNPs z użyciem wodnych roztworów ekstraktów roślinnych, istotną rolę w tym przypadku odgrywa zastosowanie CAP do ich aktywacji [H6]. Wodne roztwory ekstraktów z Wszechleku żeń-szenia oraz Miłorzębu lekarskiego traktowałam za pomocą CAP, generowanej w układzie plazmowym, pracującym w dwóch konfiguracjach. W pierwszej konfiguracji wodny roztwór ekstraktu pełnił funkcję przepływającej ciekłej katody (FLC, ang. *flowing liquid cathode*), natomiast w przypadku drugiej konfiguracji wodny roztwór ekstraktu pełnił funkcję FLA. Aktywowane za pomocą FLC-dc-APGD lub FLA-dc-APGD wodne roztwory analizowanych ekstraktów mieszałam z roztworem prekursora AuNPs, celem wytworzenia nanostruktur Au [H6]. Na podstawie przeprowadzonych prac stwierdziłam, że mniejsze nanostruktury Au powstają z użyciem ekstraktów aktywowanych CAP, w porównaniu do metody opartej o wykorzystanie ekstraktów nietraktowanych CAP. Wspomniane różnice w rozmiarze uzyskanych AuNPs mogą wynikać zarówno z rodzaju materiału roślinnego, stosowanego do przygotowania wodnego roztworu ekstraktu, jak również z rodzaju i stężenia ROS oraz RNS, emitowanych podczas generowania tych CAP [H6]. Z tego względu, określiłam zaawansowane procesy plazmochemiczne, zachodzące podczas traktowania ekstraktów roślinnych za pomocą CAP. Do realizacji tego celu wykorzystano optyczną spektrometrię emisyjną (OES) oraz metody kolorymetryczne. Stosując OES zidentyfikowałam ROS i RNS, generowane podczas aktywacji wszystkich przygotowanych wodnych roztworów ekstraktów roślinnych za pomocą CAPs, tj. OH•, NO, N₂, N₂⁺ i NH (Rysunek 3). Na podstawie analizy widm OES stwierdzono (Rysunek 3), że w aktywowanych za pomocą CAP wodnych roztworach ekstraktów roślinnych generowane są w głównej mierze ROS i RNS [H6], co umożliwiło mi potwierdzenie, że produkcja AuNPs może zachodzić zgodnie z następującą reakcją: $2\text{AuCl}_4^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 = \text{Au}^0 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 8\text{Cl}^-$.



Rysunek 3. Widma OES wodnych roztworów ekstraktów z **(A)** Wszechleku żeń-szenia oraz **(B)** Miłorzębu japońskiego, traktowanych za pomocą FLC-dc-APGD lub FLA-dc-APGD [H6].

Otrzymane AuNPs zastosowano jako katalizatory homogeniczne, przeznaczone do degradacji toksycznych związków organicznych ze ścieków. Ze względu na mutagenny oraz toksyczny charakter 4-nitrofenolu (4-NP), to właśnie ten związek został przeze mnie wybrany jako modelowy związek poddawany procesowi uwodornienia z zastosowaniem katalizatora homogenicznego na bazie AuNPs. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że produkt redukcji 4-NP, tj. 4-aminofenol (4-AMP), jest substancją powszechnie stosowaną do produkcji paracetamolu [17], stąd też przeprowadzenie procesu degradacji 4-NP do 4-AMP jest tak popularne. Wspomniane badania przeprowadziłam we współpracy z dr inż. Piotrem Cyganowskim z Politechniki Wrocławskiej, w których wyznaczyliśmy szybkość reakcji uwodornienia 4-NP do 4-AMP. Przygotowane katalizatory homogeniczne, na bazie AuNPs zsyntetyzowanych z udziałem wodnych roztworów ekstraktów z Wszechleku żeń-szenia lub Miłorzębu japońskiego, aktywowane FLC-dc-APGD, charakteryzowały się następującymi stałymi szybkości reakcji degradacji 4-NP do 4-AMP: $k_m = 0.52$ 1/s oraz $k_m = 0.31$ 1/s [H6].

Efektami realizacji tych prac eksperymentalnych było opracowanie wspomnianych katalizatorów homogenicznych [H6].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykułach naukowych [H5, H6]:

- opracowanie „zielonej” metody syntezy NPs [H5, H6].
- synteza AuNPs z zastosowaniem opracowanej przeze mnie „zielonej” metody syntezy [H5].
- wiodący udział w syntezie AuNPs z zastosowaniem opracowanej przeze mnie „zielonej” metody syntezy [H6].
- charakterystyka wybranych właściwości optycznych i strukturalnych uzyskanych AuNPs [H5, H6].
- udział w określeniu zaawansowanych procesów plazmochemicznych, prowadzących do wytwarzania AuNPs o określonych właściwościach, z zastosowaniem wodnych roztworów ekstraktów roślinnych [H6].
- udział w ocenie możliwości zastosowania katalizatorów homogenicznych na bazie AuNPs w redukcji 4-NP do 4-AMP [H6].

Nanocząstki platyny (PtNPs) mogą być powszechnie stosowane w systemach kontrolowanego gospodarowania ciepłem, wykorzystywanych w nowoczesnych układach mikroelektronicznych lub w przemyśle energetycznym. Mając na uwadze stale rosnące zapotrzebowanie na nanokompozyty polimerowe z nanostrukturami Pt, do ich późniejszych zastosowań w systemach kontrolowanego gospodarowania ciepłem, w kolejnym etapie pracy naukowej zastosowałam CAP do syntezy PtNPs [H7]. *Podstawowa hipoteza badawcza zakładała, że granica faz plazma-ciecz, w przepływowym systemie plazmowym, jest źródłem ROS oraz RNS, które biorą udział w reakcji syntezy i wpływają na powstawanie stabilnych w czasie PtNPs, immobilizowanych w matrycy polimerowej. Druga spośród hipotez badawczych zakładała, że w wyniku rozdypergowania PtNPs w matrycy polimerowej zostanie wytworzony nanokompozyt, który zwiększy stabilność immobilizowanych w jego matrycy NPs, jak również będzie mógł zostać wykorzystany w systemach zarządzania ciepłem.*

W celu weryfikacji sformułowanych z moim udziałem hipotez badawczych, w pierwszym etapie prac wybrałam polimer do immobilizacji wytwarzanych PtNPs, jak również źródło CAP, tj. odpowiednio poliwinylpirolidon (PVP) oraz dc-APGD. Dobrałam też stężenia stosowanych związków, tak aby zapewnić jak największą wydajność procesu

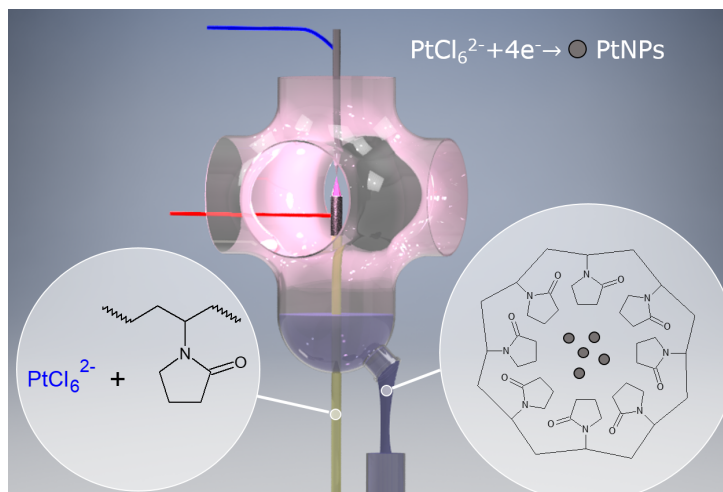
wymiany ciepła [H7]. Na podstawie przeprowadzonych prac eksperymentalnych określiłam, że stosując dc-APGD, generowane w kontakcie z przepływającym roztworem prekursora PVP-PtNPs, wytwarzane są sferyczne PtNPs, o średnim rozmiarze NPs metalu wynoszącym $2,92 \pm 0,6$ nm [H7]. Stwierdziłam, że dyspersja PtNPs w matrycy PVP zwiększa ich stabilność w porównaniu do nieopłaszczonych PtNPs, wytworzonych metodą plazmową. Zastosowanie PVP, jako skutecznego związku o charakterze stabilizującym, może być związane z jego adhezją na powierzchni PtNPs, zachodzącą w wyniku tworzenia wiązań koordynacyjnych pomiędzy $>C=O-Pt$ [H7]. Odnosząc się do plazmowej syntezy PVP-PtNPs, główną rolę w procesie redukcji jonów Pt(IV) do ich form metalicznych o rozmiarach nanometrycznych pełnią elektrony. Elektrony te reagują z Pt(IV) zgodnie z reakcją: $PtCl_6^{2-} + 4e_{aq}^- = Pt^0 + 6Cl^-$ [H7].

Przydatność PVP-PtNPs jako katalizatora w układzie symulującym zarządzanie ciepłem określiłam razem z dr inż. Piotrem Cyganowskim z Politechniki Wrocławskiej. Na podstawie stałych szybkości procesu chłodzenia oraz ogrzewania (Tabela 3) [H7], stwierdzono, że PVP-PtNPs wykazywały 80% wzrost wydajności ogrzewania (i 30% wzrost wydajności chłodzenia) w porównaniu do wody w układzie symulującym zarządzanie ciepłem [H7]. Ponadto, pomimo zastosowania ultraśladowych ilości PVP-PtNPs (0.0001%), wartości te były porównywalne do tych, osiągniętych przez komercyjne płyny chłodnicze, zawierające nanostruktury Al i Si.

Tabela 3. Stałe szybkości procesu chłodzenia oraz ogrzewania PVP-PtNPs w porównaniu do wody [H7].

Medium	Stałe szybkości procesu [$\times 10^{-3}$ 1/s]	
	$k_{ogrzewania}$	$k_{chłodzenia}$
Woda	4.88	2.55
PVP-PtNPs	2.70	3.41

Na Rysunku 4 przedstawiłam podsumowanie wykonanych prac badawczych, związanych z plazmową syntezą PVP-PtNPs do ich zastosowania w systemie gospodarowania ciepłem.



Rysunek 4. Synteza PVP-PtNPs z zastosowaniem dc-APGD, generowanego w kontakcie z cieczą [H7].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykule naukowym [H7]:

- dostosowanie warunków pracy systemu plazmowego z dc-APGD.
- dobór związku o charakterze stabilizującym do syntezy PtNPs.
- wykazanie przydatności zastosowania CAP w syntezie PtNPs.
- charakterystyka określonych właściwości optycznych i strukturalnych uzyskanych NPs.
- udział w ocenie możliwości zastosowania katalizatora homogenicznego na bazie PVP-PtNPs w systemie symulującym układy chłodzenia komór wewnętrznego spalania.

Zestawienie tematyki naukowej, związanej z możliwością wykorzystania CAP w syntezie nanomateriałów, zaprezentowałam w pracy przeglądowej [H8]. W tym artykule naukowym, dokładnie przedyskutowałam rodzaj syntezowanych z zastosowaniem CAP nanostruktur metalicznych, jak również wpływ związków o charakterze stabilizatorów na właściwości NPs wytwarzane metodą plazmową [H8]. Co więcej, w tej pracy podjęto dyskusję nt. możliwości późniejszego zastosowania wytworzonych nanomateriałów w katalizie, systemach gospodarowania ciepłem oraz biomedycynie [H8].

Opisane możliwości wykorzystania CAP w nanotechnologii są w głównej mierze związane z generowaniem ROS, RNS, rodników, oraz elektronów przez CAP. Zaletą opracowywanych systemów plazmowych, dedykowanych do syntezy NPs, jest brak konieczności dodawania związku o charakterze reduktora do roztworu prekursora NPs,

możliwość pracy w atmosferze otaczającego powietrza, prostota działania, a także niskie koszty syntezy tych nanomateriałów. Z uwagi na przepływowy charakter tych układów plazmowych, istnieje możliwość ich przeskalowania, tak aby układy te mogły zostać wykorzystane w przemysłowej syntezie nanomateriałów. Żywię głęboką nadzieję, że opracowane plazmowe metody syntezy AuNPs, AgNPs i PtNPs będą mogły zostać wykorzystane w syntezie innych nanomateriałów, tj. np. ZnONPs, ReNPs, CuNPs czy też CuONPs, co jeszcze zwiększy możliwości aplikacyjne opracowanych systemów plazmowych.

III. Wykazanie przydatności zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w ochronie środowiska

Zastosowanie dc-APGD oraz pm-rf-APGD, generowanych w przepływowym systemie plazmowym, do oczyszczania ścieków przemysłowych z substancji barwnych [H9, M3], jonów Cr(VI) [M2] oraz antybiotyków (zgłoszenia patentowe nr P. 413823 (Motyka, Dzimitrowicz *et al.*, 2019) [18] oraz P. 437603 (Dzimitrowicz *et al.*, 2019) [19]), w znacznym stopniu rozszerzyło możliwości aplikacyjne tego systemu plazmowego poza nanotechnologię [H1-H8]. Prace badawcze, związane z wykorzystaniem CAP w ochronie środowiska, są prowadzone przeze mnie od 2016 roku, jednakże w 2020 roku nastąpił przełom w tym kierunku, związany z przyznaniem mi środków finansowych na realizację projektu badawczego Sonata 15 pt. „Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych generowanych w kontakcie z przepływającym roztworem do bezpośredniej degradacji antybiotyków oraz obniżenia oporności wielolekowej w środowisku naturalnym” (UMO-2019/35/D/ST8/04107, NCN). W ramach tego projektu zajmuję się opracowaniem nowych konstrukcji przepływowych systemów plazmowych w formie szczotek, przeznaczonych do efektywnej dezaktywacji chemioterapeutyków z odpadów ciekłych. Opracowanie koncepcji tego projektu mogę zaklasyfikować jako efekt mojej pracy w lipcu 2018 roku w zespole prof. Alessio Mengoni w *University of Florence, Department of Biology, Sesto Fiorentino*.

W kwestii zastosowania dc-APGD do plazmowego oczyszczania ścieków z substancji barwnych, konieczne było odpowiednie dostosowanie parametrów pracy i innych elementów konstrukcyjnych systemu plazmowego z dc-APGD, tak aby te związki organiczne uległy w nim jak największemu rozkładowi [H9]. Rozważając atmosferę dc-APGD stwierdzono, że proces rozkładu substancji barwnych zachodzi efektywniej, gdy plazma ta jest generowana w atmosferze argonu, w porównaniu do atmosfery otaczającego powietrza [H9]. Oczywiście,

zakup gazu wyładowczego zwiększa koszty przeprowadzenia procesu rozkładu, jednakże są one rekompensowane przez jego efektywność. Byłam zaangażowana w porównanie skuteczności plazmowych metod degradacji związków barwnych z efektywnością innych metod zaawansowanego utleniania (AOPs, ang. *advanced oxidation processes*). Z przeprowadzonych prac badawczych jednoznacznie wynika, że zastosowanie CAP do dekoloryzacji substancji barwnych jest od 1,5- do 5-razy bardziej efektywne niż AOPs [H9]. W celu określenia roli CAP w procesie dekoloryzacji substancji barwnych, byłam zaangażowana w identyfikację i ilościowe oznaczenie ROS i RNS, biorących udział w tym procesie. Na podstawie zarejestrowanych widm OES zidentyfikowałam następujące reaktywne indywidua, obecne w fazie gazowej dc-APGD, tj. N_2^+ , NO, $OH\bullet$ oraz H [H9]. Indywidua te mogą być zaangażowane w szereg reakcji plazmochemicznych, prowadzących do odbarwienia się roztworów analizowanych substancji organicznych. Co więcej, w fazie wodnej, traktowanej dc-APGD, określono ilościowo następujące ROS i RNS: H_2O_2 , NO_3^- , NO_2^- oraz NH_4^+ . Stwierdzono, że w wyniku szeregu reakcji plazmochemicznych, tj. $NO_2^- + H_2O_2 + H_3O^+ = ONOOH + 2H_2O$; $H_2O + e = H + OH + e$, $H_2O^+ + e = H + OH$; $H_2O^+ + H_2O = H_3O^+ + OH$, prowadzących m.in. do zmiany pH roztworów, a także dysocjacji H_2O_2 , uzyskuje się odbarwione roztwory związków barwnych [H9]. Mając na uwadze interesujące wyniki przeprowadzonych prac badawczych można stwierdzić, że metody plazmowe stanowią kuszącą alternatywę w stosunku do innych metod oczyszczania ścieków np. AOPs.

Przepływowy system plazmowy z dc-APGD, zastosowano również do oczyszczania próbek odpadów ciekłych z toksycznych jonów Cr(VI) [M2]. Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych stwierdzono, że opracowany system plazmowy również może zostać wykorzystany w ochronie środowiska, tj. do redukcji tych jonów do nietoksycznych jonów Cr(III) [M2].

W podejmowanych przeze mnie pracach badawczych, związanych z rozkładem antybiotyków oraz związków endokrynnie czynnych z próbek odpadów ciekłych, obecnie wykorzystuje dc-APGD (zgłoszenie patentowe nr P.431823 (Motyka, Dzimitrowicz *et al.*, 2019)) [18] oraz pm-rf-APGD (zgłoszenie patentowe nr P.437603 (Dzimitrowicz *et al.*, 2019)) [19] do realizacji tego celu. Ponadto, aby zwiększyć efektywność procesu inaktywacji antybiotyków i związków endokrynnie czynnych z odpadów ciekłych, zajmuję się opracowaniem konstrukcji i optymalizacją warunków pracy innowacyjnych w skali światowej przepływowych szczotek plazmowych, które wykorzystują jako źródło CAP nie tylko

wyładowania jarzeniowe, ale także wyładowania mikrofalowe. Prace te realizuję w ramach projektu **Sonata 15**, którego jestem kierownikiem.

Usuwanie pozostałości antybiotyków z odpadów płynnych jest istotne ze względu na fakt, że ich śladowe ilości powodują utrzymanie w populacji wolnożyjących bakterii determinant genetycznych lekooporności. W wyniku horyzontalnego transferu genów dochodzi do kumulacji wspomnianych kaset oporności, także u drobnoustrojów chorobotwórczych względem człowieka. Wyodrębniają się w ten sposób szczepy wielolekooporne, stanowiące wyzwanie dla współczesnej medycyny. Natomiast, eliminacja z odpadów płynnych związków endokrynnie czynnych jest istotna, gdyż związki sklasyfikowane w tej grupie zaburzają homeostazę hormonalną u kręgowców, zwłaszcza ryb, płazów oraz gadów. Wiele gatunków należących do ichtio- i herpetofauny zagrożonych jest wyginięciem, a ekspozycja tych osobników na związki endokrynnie czynne w istotny sposób zaburza ich zdolności reprodukcyjne. Postuluje się również niebagatelny wpływ działania tych związków na metabolizm człowieka. Z tego powodu realizowane z moim udziałem prace badawcze odpowiadają na szereg wyzwań społecznych, m.in. związanych z ograniczeniem występowania zjawiska wielolekooporności wśród mikroorganizmów patogennych. Aby sprostać temu wyzwaniu, wspomniany projekt badawczy jest realizowany w Konsorcjum, złożonym z Politechniki Wrocławskiej (Lider projektu, kierownik dr inż. Anna Dzimitrowicz) oraz Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego (Partner projektu, zespół prof. Ewy Łojkowskiej), a także we współpracy krajowej z grupą JM Rektora Uniwersytetu Gdańskiego – prof. dr hab. Piotra Stepnowskiego oraz we współpracy międzynarodowej z grupą prof. Alessio Mengoni z Uniwersytetu we Florencji.

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykule naukowym [H9] oraz w zgłoszeniach patentowych [18, 19] to:

- wykazanie przydatności zastosowania CAP w ochronie środowiska [H9].
- udział w opracowaniu plazmowej metody oczyszczania ścieków z substancji barwnych [H9].
- wiodący udział w opracowaniu sposobów degradacji antybiotyków z odpadów ciekłych z zastosowaniem dc-APGD [18] oraz pm-rf-APGD [19], generowanych w innowacyjnych w skali światowej systemach plazmowych.
- udział w wykazaniu utraty funkcji biobójczych antybiotyków traktowanych CAP [18, 19].

Opisane możliwości wykorzystania systemów plazmowych w ochronie środowiska są związane głównie z wytwarzaniem ROS oraz RNS, powstających w wyniku generowania CAP w kontakcie z cieczą. Te reaktywne formy są zaangażowane w szereg procesów plazmochemicznych, prowadzących do zmiany szeregu parametrów fizykochemicznych roztworów związków organicznych traktowanych CAP. Mam nadzieję, że w wyniku realizacji projektu badawczego SONATA 15 zostaną wdrożone do zastosowania w przemyśle przepływowe szczotki plazmowe, przeznaczone do degradacji chemioterapeutyków z odpadów ciekłych.

IV. Wykazanie przydatności zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w chemii żywności

Wyładowania jarzeniowe dc-APGD oraz pm-rf-APGD, generowane w kontakcie z cieczą w ciągłym systemie przepływowym, mogą być stosowane nie tylko w nanotechnologii [H1-H8] i ochronie środowiska [H9, M2, M3, 18, 19], ale także w chemii żywności [H10, H11, 20, 21]. Z uwagi na stale rosnące zapotrzebowanie na produkty żywnościowe o bogatych właściwościach odżywczych oraz długim okresie przydatności do spożycia, w 2020 roku podjęłam tematykę badawczą, związaną z możliwością zastosowania CAP w produkcji bezpiecznych do spożycia soków warzywnych [H10] i owocowych [H11]. Moje zainteresowanie tą tematyką naukową wynikało z faktu, że zgodnie z aktualnymi prognozami statystycznymi, w 2050 roku liczba ludności osiągnie wartość 9.7 mld [31], więc zapewnienie wystarczającej ilości żywności o wysokiej jakości będzie stanowiło istotne wyzwanie.

Możliwość zastosowania CAP w chemii żywności jest związana z produkcją ROS i RNS. Wytworzone przez te plazmy ROS i RNS są zaangażowane w funkcjonalizację żywności. Funkcjonalizacja ta bardzo często prowadzi m.in. do zmiany stężenia witamin [20], karotenoidów [20], polifenoli [21], a także do zmiany barwy [21] oraz eradykacji mikroorganizmów, odpowiadających za psucie się żywności [20, 21]. Mając na uwadze korzyści jakie niesie ze sobą wykorzystanie CAP w chemii żywności, celem prowadzonych przeze mnie prac badawczych było opracowanie wysoce wydajnych układów reakcyjno-wyładowczych z CAP, przeznaczonych do ciągłej produkcji bezpiecznych do spożycia soków buraczanych [H10] oraz soków jabłkowych [H11], o ulepszonych właściwościach fizykochemicznych oraz odżywczych [H10, H11]. Zastosowane układy plazmowe, w odróżnieniu od tych wcześniej stosowanych [20, 21], umożliwiają produkcję

sfunkcjonalizowanych soków warzywnych i owocowych na skalę przemysłową. *Zaproponowana przeze mnie hipoteza badawcza zakładała, że odpowiedni dobór zarówno rodzaju CAP, jak również warunków jej generowania w ciągłych systemach plazmowych, pozwoli na wytworzenie soków buraczanych [H10] oraz jabłkowych [H11] o ulepszonych właściwościach.*

Do ciągłej produkcji bezpiecznego do spożycia soku buraczanego o ulepszonych właściwościach zastosowałam systemy plazmowe, tj. systemy wykorzystujące jako źródło CAP dc-APGD lub pm-rf-APGD [H10]. Warunki pracy tych systemów plazmowych dostosowałam w taki sposób, aby plazma generowana w nich była stabilna. Bardzo ważne w przypadku wytwarzania żywności funkcjonalnej jest to, że taka żywność nie powinna się różnić pod względem wyglądu, barwy, smaku oraz zapachu od jej niesfunkcjonalizowanych odpowiedników. Z tego względu, w przypadku prac badawczych, opisanych w artykułach naukowych [H10, H11], niezbędne było takie dostosowanie parametrów generowania FLC-dc-APGD, FLA-dc-APGD oraz pm-rf-APGD, aby nie tylko uzyskać żywność o ulepszonych właściwościach, ale jednocześnie nie zmienić jej właściwości organoleptycznych oraz sensorycznych.

Po dostosowaniu warunków pracy analizowanych systemów plazmowych do traktowania soku buraczanego, określiłam w jaki sposób zastosowanie FLC-dc-APGD, FLA-dc-APGD oraz pm-rf-APGD wpływa na właściwości odżywcze oraz fizykochemiczne tego soku [H10]. Mając na uwadze zawartość pierwiastków, tj. Zn, Cu, Fe, Mn, Mg, Ca, w analizowanych próbkach soków buraczanych, stwierdzono, że największy wpływ na wzrost stężenia pierwiastków, tj. wzrost do 14.0% dla Mn, wzrost do 17.9% dla Fe i średnio wzrost do 16.0% dla innych pierwiastków, wykazuje traktowanie soku buraczanego w systemie plazmowym FLC-dc-APGD, w porównaniu do nietraktowanego za pomocą CAP soku buraczanego [H10]. Uzyskane wyniki są skorelowane z większym współczynnikiem odparowania wody, tj. $15.5 \pm 1.3\%$ ($n = 3$), który w przypadku systemu plazmowego FLC-dc-APGD jest największy [H10]. Plazma FLC-dc-APGD jest bardziej energetyczna niż FLA-dc-APGD oraz pm-rf-APGD, stąd też wartość współczynnika odparowania wody była największa w tym systemie plazmowym [H10]. System plazmowy FLC-dc-APGD okazał się być też najbardziej efektywny, mając na uwadze analizę frakcjonowaną pierwiastków [H10]. Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych stwierdzono, że zastosowanie systemu plazmowego z FLC-dc-APGD powoduje zmniejszenie udziału frakcji hydrofobowej

analizowanych pierwiastków, tj. Zn, Cu, Fe, Mn, Mg, Ca, w porównaniu do nietraktowanego za pomocą CAP soku buraczanego, tj. odpowiednio o 6% dla Zn, 31% dla Cu, 21% dla Fe, 10% dla Mn, 5% dla Mg, i 9% dla Ca [H10]. Jednocześnie udział frakcji kationowej w soku buraczanym, traktowanym w systemie plazmowym FLC-dc-APGD, wzrósł o 14% dla Zn, 31% dla Cu, 18% dla Fe, 5 % dla Mn, 11% dla Mg oraz 19% dla Ca [H10]. Traktowanie soku buraczanego w systemie plazmowym FLC-dc-APGD było najbardziej efektywne mając również na uwadze całkowitą zawartość związków polifenolowych. W tym przypadku zaobserwowałam wzrost całkowitego stężenia związków polifenolowych aż o 36% w odniesieniu do soku buraczanego nietraktowanego FLC-dc-APGD [H10]. Z kolei największy wzrost potencjału antyutleniającego (FRAP) oraz najmniejszą zmianę barwy zaobserwowałam dla soku buraczanego, traktowanego w systemie plazmowym pm-rf-APGD [H10]. Niestety, sok buraczany traktowany w tym systemie plazmowym wykazywał mniejsze wzrosty w stężeniach całkowitej zawartości związków polifenolowych (19%), jak i w zawartości analizowanych pierwiastków [H10]. Jest to związane zarówno z właściwościami pm-rf-APGD, która w odróżnieniu od FLC-dc-APGD jest dużo mniej energetyczna.

Bezpieczeństwo do spożycia traktowanego za pomocą CAPs soku buraczanego określono wykonując szereg analiz biologicznych w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu. Na podstawie przeprowadzonych prac eksperymentalnych wykazano, że traktowany CAP sok buraczany nie wykazuje właściwości cytotoksycznych względem linii niekancerogennych komórek śródbłonna. Co ciekawe, zaobserwowano właściwości przeciwnowotworowe soku buraczanego, traktowanego we wszystkich trzech opracowanych systemach plazmowych, względem linii komórkowych nowotworu jelita grubego (Caco-2) [H10].

Na podstawie uzyskanych wyników z realizowanych prac badawczych stwierdziłam, że wszystkie rodzaje systemów plazmowych, tj. FLC-dc-APGD, FLA-dc-APGD, oraz pm-rf-APGD, mogą być z powodzeniem stosowane w produkcji bezpiecznych do spożycia soków buraczanych, o ulepszonych właściwościach odżywczych, zachowanych właściwościach organoleptycznych oraz właściwościach przeciwnowotworowych [H10].

Mając na uwadze obiecujące efekty traktowania soku buraczanego za pomocą FLC-dc-APGD, w dalszym etapie pracy naukowej zoptymalizowałam ten system plazmowy tak aby wytwarzać w nim sok jabłkowy o zdefiniowanych właściwościach fizykochemicznych, odżywczych oraz o wydłużonym okresie przydatności do spożycia [H11]. Do dalszych badań

wybrałam sok jabłkowy, gdyż to właśnie jabłka są najpopularniejszym polskim owocem. Odnosząc się do statystyk ONZ, Polska jest europejskim liderem w produkcji jabłek, więc zwrócenie uwagi innych badaczy na ten właśnie owoc wydało mi się niezwykle zasadne. Ponadto, jabłka są źródłem szeregu mikroelementów i makroelementów, polifenoli oraz witamin, więc spożywanie jabłek bądź produktów żywieniowych wytworzonych z jabłek korzystnie wpływa na funkcjonowanie ludzkiego organizmu [H11].

Do przeprowadzenia wieloczynnikowej optymalizacji systemu plazmowego z FLC-dc-APGD zastosowano zaawansowane metody statystyczne, tj. DoE oraz RSM [H11]. Na podstawie zaproponowanego modelu statystycznego, określiłam warunki optymalne w których produkowany będzie sok jabłkowy o największej temperaturze, wykazujące zdefiniowane położenie pasma absorpcji w widmie UV/Vis [H11]. Wspomniane właściwości świadczyłyby o skuteczności traktowania soku jabłkowego za pomocą CAP, tj. o zwiększeniu temperatury w wyniku traktowania tego soku, oraz o zachowaniu jego właściwości – zachowane pasmo absorpcji w widmie UV/Vis [H11]. Następnie, przeprowadzono analizę właściwości fizykochemicznych, odżywczych, cytotoksycznych oraz okresu przydatności do spożycia wytworzonego w warunkach optymalnych soku jabłkowego [H11].

Interpretując uzyskane wyniki prac eksperymentalnych stwierdzono, że traktowanie soku jabłkowego w zadanych warunkach pracy systemu plazmowego z FLC-dc-APGD prowadzi do wzrostu stężenia mikro i makroelementów, tj. Ca, Fe, Mg, Na, K – o około 8-10% oraz Zn, Mn, Cu, Ba, B, Al – o około 11-15% , a także całkowitej zawartości polifenoli o 11% [H11]. Pozostałe właściwości fizykochemiczne, jak również organoleptyczne analizowanego soku jabłkowego pozostały niezmienione [H11].

Odnosząc się do właściwości cytotoksycznych, które określono w wyniku przeprowadzenia prac doświadczalnych przez zespół prof. Aleksandry Klimczak (Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, Samodzielne Laboratorium Biologii Komórki Macierzystej i Nowotworowej), potwierdzono że sok jabłkowy, traktowany w warunkach optymalnych pracy systemu plazmowego z FLC-dc-APGD, nie wykazuje właściwości cytotoksycznych względem niekancerogennych komórek śródbłonka [H11]. Co ciekawe, zaobserwowano właściwości przeciwnowotworowe tak wyprodukowanego soku jabłkowego, względem linii komórkowej nowotworu jelita grubego (Caco-2) [H11].

Mając na uwadze okres przydatności do spożycia soku jabłkowego, traktowanego CAP w optymalnych warunkach pracy systemu plazmowego, wykonałam analizy, w których badałam ogólne właściwości mikrobiologiczne soku jabłkowego, traktowanego CAP, jak również nietraktowanego FLC-dc-APGD soku jabłkowego. Na podstawie przeprowadzonych przeze mnie badań potwierdziłam, że sok jabłkowy, traktowany FLC-dc-APGD w optymalnych warunkach pracy systemu plazmowego, wykazuje okres przydatności do spożycia wydłużony do 12 dni [H11].

Byłam również zaangażowana w prace mające na celu zidentyfikowanie ROS i RNS, generowanych w optymalnych warunkach pracy systemu plazmowego, celem określenia ich wpływu na właściwości produkowanego soku jabłkowego [H11]. Na podstawie analizy widm OES stwierdzono, że NH , N_2^+ , NO , O , i OH^\bullet , są generowane w fazie gazowej FLC-dc-APGD i mogą być zaangażowane w inaktywację mikroorganizmów powodujących psucie się żywności, a więc w wydłużanie okresu przydatności do spożycia tak traktowanego soku [H11].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykułach naukowych [H10] i [H11] to:

- opracowanie metody plazmowego wytwarzania bezpiecznych do spożycia soków warzywnych i owocowych o ulepszonych właściwościach [H10, H11].
- wykazanie przydatności zastosowania CAPs w chemii żywności [H10, H11], generowanych w unikatowych w skali światowej systemach plazmowych.
- wytworzenie bezpiecznych do spożycia soków buraczanych [H10] oraz jabłkowych [H11] o ulepszonych właściwościach odżywczych [H10, H11], przeciwnowotworowych [H10], [H11] oraz o wydłużonym okresie przydatności do spożycia [H11].
- określenie wpływu CAPs na właściwości odżywcze oraz mikrobiologiczne analizowanych soków warzywnych i owocowych [H10, H11].

Opisane możliwości wykorzystania przeze mnie systemów plazmowych w chemii żywności są związane z produkcją wybranych ROS i RNS, a także procesów plazmochemicznych, zachodzących w traktowanych za pomocą CAP sokach warzywnych i owocowych. Warto zwrócić uwagę na fakt, że te prace badawcze zostały dostrzeżone przez środowisko naukowe i opublikowane w dwóch prestiżowych czasopismach naukowych, tj. *Food Chemistry* [H10, IF = 6.306, MNiSW = 200] oraz *Scientific Reports* [H11, IF = 3.998,

MNiSW = 140]. Mam nadzieję, że niedługo każdy z nas będzie mógł kupić sok warzywny lub owocowy o ulepszonych właściwościach, uzyskany w wyniku zastosowania CAPs.

V. Wykazanie przydatności zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w medycynie

Jednym z ciekawych sposobów generowania CAP jest zastosowanie do tego celu przenośnych systemów plazmowych w formie tzw. piór plazmowych, w których źródłem CAP są DBD [P11, P12, 23]. Ze względu na prostotę obsługi, mobilność oraz niskie koszty generowania w nich CAP, pióra plazmowe są stosowane w medycynie, m.in. do zahamowania tempa proliferacji przerzutujących komórek nowotworu piersi (MDA-MB-231) [P12], zahamowania tempa proliferacji komórek nowotworu raka szyjki macicy (HeLa) [24] czy też do leczenia owrzodzeń [25].

Tak szerokie zastosowania systemów plazmowych w medycynie są związane z wytwarzaniem przez plazmy zarówno długo żyjących, jak i krótko żyjących ROS i RNS, tj. m.in. H_2O_2 , O_3 , O_2^- , OH^\bullet , NO_3^- , NO_2^- czy NH_4^+ [P12]. Mając na uwadze szerokie spektrum możliwości aplikacyjnych piór plazmowych, pod koniec 2017 roku podjęłam tematykę badawczą, związaną z wykorzystaniem CAP w dwóch gałęziach medycyny, tj. w dermatologii oraz onkologii.

Odnosząc się do możliwości zastosowania CAP w dermatologii, byłam zaangażowana w realizację międzyuczelnianego projektu badawczego pt.: „Zastosowanie zimnej plazmy atmosferycznej w procesie gojenia się ran na modelach *in vitro* oraz *in vivo*”, finansowanego przez KNOW (674/2017/KNOW). Projekt ten był realizowany w ramach współpracy naukowej trzech zespołów badawczych, tj. zespołu naukowców z Politechniki Wrocławskiej, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej, zespołu prof. Aleksandry Klimczak (Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, Samodzielne Laboratorium Biologii Komórki Macierzystej i Nowotworowej) oraz zespołu prof. Arkadiusza Miążka (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Biochemii i Biologii Molekularnej). *Wspólnie opracowana hipoteza badawcza zakładała, że wytwarzane ROS, RNS, promieniowanie UV oraz ciepło w piórze plazmowym wpłyną na poprawę waskularyzacji skóry. Umożliwi to zastosowanie tego systemu plazmowego w dermatologii.*

W celu weryfikacji zaproponowanej hipotezy badawczej, w pierwszym etapie prac współuczestniczyłam w konstrukcji i opracowaniu unikatowego w skali światowej pióra plazmowego, w którym możliwe jest generowanie CAP, o ściśle kontrolowanej temperaturze rotacyjnej gazu $T_{\text{rot}}(\text{OH}) \leq 37^\circ \text{C}$, przeznaczonej do aktywacji komórek śródbłonna naczyń (HSkMEC.2), fibroblastów (MSU 1.1) oraz keratynocytów (HaCaT) (zgłoszenie patentowe nr 429275 (Dzimitrowicz *et al.*, 2019)) [H12]. Wybrałam $T_{\text{rot}}(\text{OH}) \leq 37^\circ \text{C}$ ze względu na bezpieczeństwem stosowania opracowanego pióra plazmowego u pacjentów, tak aby nie powodować oparzeń. Aby osiągnąć zadaną $T_{\text{rot}}(\text{OH}) \leq 37^\circ \text{C}$, przeprowadziłam wieloczynnikową optymalizację warunków pracy opracowanego systemu plazmowego, tak aby móc w sposób bezpieczny i kontrolowany inicjować w nim DBD. Do realizacji tego celu zastosowano zaawansowane metody statystyczne, tj. DoE oraz RSM [H12]. Następnie zwalidowałam zaproponowany model statystyczny. W kolejnym etapie zrealizowanych prac badawczych określono wpływ CAP na proliferację, migrację oraz angiogenezę komórek śródbłonna naczyń (HSkMEC.2), fibroblastów (MSU 1.1) oraz keratynocytów (HaCaT) [H12]. Na podstawie przeprowadzonych testów biologicznych stwierdzono, że opracowane pióro plazmowe może stymulować proliferację, migrację oraz angiogenezę analizowanych komórek skórnych [H12]. Warto jednak zaznaczyć, że istotną rolę odgrywa w tym przypadku czas ekspozycji komórek skórnych na CAP, generowaną w optymalnych warunkach pracy pióra plazmowego [H12].

W przypadku zastosowania CAP w medycynie, kluczowe jest przeprowadzenie analizy jakościowej i ilościowej reaktywnych indywiduów, generowanych przez CAP, tak aby stosowanie takiego systemu plazmowego było bezpieczne dla pacjentów. W związku z tym byłam zaangażowana w identyfikację i ilościowe oznaczenie ROS i RNS, emitowanych z CAP. W wyniku przeprowadzenia prac eksperymentalnych stwierdziłam, że dominującymi reaktywnymi indywiduami, powstającymi podczas generowania CAP w zoptymalizowanym piórze plazmowym, były: N_2 , N_2^+ , NO oraz $\text{OH}\cdot$ [H12]. Mając na uwadze obiecujące wyniki wykonanych prac eksperymentalnych, można stwierdzić, że pióra plazmowe mogą być z powodzeniem stosowane w dermatologii.

Swój warsztat badawczy, związany z możliwością zastosowania CAP w dermatologii, rozwijałam podczas realizacji 3-miesięcznego stażu naukowego w *Center for Molecular Biophysics CNRS, Orleans, Francja* finansowanego w ramach prestiżowego stypendium BGF dla młodych doktorów, przyznanego mi przez **Ambasadę Francuską**. Podczas wykazywania

aktywności naukowej w tej zagranicznej Jednostce, realizowałam prace eksperymentalne, dotyczące wpływu CAP na ruchliwość komórek ludzkich linii skórnych prawidłowo natlenowanych (normoksja) oraz na ruchliwość komórek ludzkich linii skórnych w warunkach fizjologicznych (fizjoksja). Wykonane w *Center for Molecular Biophysics CNRS, Orleans, Francja*, prace doświadczalne pozwoliły mi wykorzystać zdobytą wiedzę po powrocie do macierzystej Jednostki naukowej i **pozwoliły mi na zaangażowanie w dyskusję nt. uzyskanych wyników pomiarów z testów biologicznych, a także prowadzenia prac badawczych z wykorzystaniem CAP w medycynie. Efektem mojej aktywności naukowej w tej Jednostce jest opublikowanie artykułu naukowego [H12], włączonego do postępowania habilitacyjnego.**

Dzięki wiedzy zdobytej podczas pracy w *Center for Molecular Biophysics CNRS, Orleans, Francja*, mogę również pełnić funkcję nieformalnego opiekuna naukowego w przewodzie doktorskim Pana mgr inż. Dominika Terefinko. Pan mgr inż. Terefinko podejmuje tematykę badawczą, związaną z możliwością zastosowania CAPs, generowanych w piórach plazmowych do zahamowania tempa proliferacji komórek nowotworowych raka piersi. Możliwości zastosowania CAPs w onkologii zostały przez nas przedyskutowane w pracy przeglądowej [P11], w której pełnię funkcję autora do korespondencji. Z kolei, przeprowadzone z moim udziałem prace badawcze, dotyczące określenia wpływu medium hodowlanego aktywowanego DBD, na żywotność, ruchliwość oraz zdolność do apoptozy komórek nowotworu piersi, zarówno tych linii nieprzerzutujących komórek raka piersi (MCF7), jak również linii przerzutujących komórek raka piersi (MDA-MB-231) zostały w ostatnim czasie docenione przez środowisko naukowe i opublikowane w renomowanym czasopiśmie z listy JCR, tj. *International Journal of Molecular Science* [P12].

Mój wkład w rozwój stanu wiedzy, przedstawiony w artykule naukowym [H12] oraz zgłoszenie patentowym [26]:

- wykazanie przydatności CAP w medycynie.
- udział w opracowaniu konstrukcji unikatowego w skali światowej pióra plazmowego.
- optymalizacja warunków pracy pióra plazmowego celem uzyskania $T_{rot}(OH) \leq 37^\circ C$.
- określenie zaawansowanych procesów plazmochemicznych, umożliwiających zastosowanie pióra plazmowego w dermatologii.

VI. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć naukowych, zaprezentowanych w publikacjach wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego

W ramach publikacji, stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, wykazałam przydatność zastosowania CAP w nanotechnologii, ochronie środowiska, chemii żywności i medycynie. Celem prowadzonych przeze mnie prac doświadczalnych było opracowanie i dostosowanie systemów plazmowych z dc-APGD [H1, H2, H5-H7, H9-H11], pm-rf-APGD [H3, H4, H10] oraz DBD [H12], do ich ukierunkowanych zastosowań. Wyniki zrealizowanych przeze mnie prac eksperymentalnych przyczyniły się do poszerzenia stanu wiedzy w zakresie [H1-H7, H9-H12] m.in.:

1. Dostosowania systemów plazmowych do syntezy NPs [H1-H7].
2. Zastosowania dc-APGD do ciągłej syntezy PEC-AgNPs [H1] oraz SDS-AgNPs [H1] jako efektywnych związków przeciwdrobnoustrojowych, przeznaczonych do zastosowań w rolnictwie [H1].
3. Zastosowania pm-rf-APGD do ciągłej syntezy AgNPs [H3] oraz AuNPs [H4], jako związków o właściwościach cytotoksycznych, przeznaczonych do zastosowania w medycynie [H3, H4].
4. Wytworzenia AuNPs [H5, H6], o zdefiniowanych właściwościach strukturalnych, uzyskanych w wyniku połączenia plazmowej metody syntezy NPs z „zieloną” metodą syntezy tych nanomateriałów [H5, H6], do ich ukierunkowanego zastosowania w katalizie [H6].
5. Zastosowania dc-APGD do ciągłej syntezy PVP-PtNPs [H7] do ich użycia w systemie gospodarowania ciepłem [H7].
6. Wykazania wpływu związku o charakterze stabilizatora na właściwości i stabilność AgNPs [H1-H3], AuNPs [H4-H6], a także PtNPs [H7].
7. Wyjaśnienia wpływu sposobu generowania CAP na właściwości tych plazm [H1-H12].
8. Wiodącego opracowania metody plazmowego procesu rozkładu związków barwnych [H9] oraz antybiotyków [18, 19].
9. Opracowania metody plazmowego wytwarzania bezpiecznych do spożycia soków warzywnych i owocowych o ulepszonych właściwościach [H10, H11].

10. Udowodnienia, że w wyniku traktowania CAP ulepszone zostają właściwości odżywcze i wydłużony okres przydatności do spożycia soków warzywnych [H10] oraz owocowych [H11].
11. Dostosowania systemu plazmowego do aktywacji angiogenezy normalnych ludzkich komórek skóry [H11].

VII. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych, nie wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego

Mój sumaryczny dorobek naukowy obejmuje: 46 artykuły naukowe o zasięgu międzynarodowym, 3 rozdziały w monografiach, 4 patenty oraz 4 zgłoszenia patentowe. **Sumaryczny współczynnik oddziaływania (IF) tych prac wynosi ok. 191 (stan na dzień 08.04.2021, zgodnie z rokiem opublikowania pracy), natomiast sumaryczna liczba punktów MNiSW tych prac wynosi 4640.** Mój indeks Hirscha wynosi 12 (podano według bazy Web of Science). Opublikowane z moim udziałem prace naukowe były cytowane 264 razy (stan na dzień 08.04.2021, bez autocytowań, baza Web of Science). Poniżej przedstawiłam publikacje naukowe, powiązane w 5 cykli tematycznych, które zostały wydane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, jednakże nie zostały przeze mnie włączone do cyklu artykułów naukowych, będących podstawą o ubieganie się o stopień doktora habilitowanego. Wspomniane cykle tematyczne to: *1. Zastosowanie metod zielonej chemii w syntezie nanostruktur metalicznych, 2. Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych w syntezie nieopłaszczonych nanocząstek nieorganicznych, immobilizowanych wewnątrz matrycy polimerowych, 3. Efektywne sposoby eradykacji bakteryjnych fitopatogenów, 4. Innowacyjne sposoby wykorzystania zimnych plazm atmosferycznych w onkologii oraz chemii analitycznej, 5. Analiza wielopierwiastkowa z zastosowaniem spektrometrii atomowej lub/i spektrometrii mas.*

W ramach realizacji prac badawczych (cykl tematyczny nr 1), opracowałam innowacyjne, szybkie, wydajne i tanie metody syntezy nanomateriałów, o określonych właściwościach optycznych i granulometrycznych [P1-P4]. Prace te zostały wykonane w celu porównania opracowanej i opatentowanej metody syntezy nanomateriałów z zastosowaniem CAPs z inną metodą, wykorzystującą w tym przypadku założenia „zielonej” chemii. Efektem wykonania tych prac było opracowanie innowacyjnej metody obrazowania mikrofalowego. Metoda ta opierała się na ekspozycji na promieniowanie mikrofalowe AuNPs, wytworzonych

z użyciem miodów [P1], lub Fe₃O₄, zsyntetyzowanych z zastosowaniem wodnego roztworu ekstraktu z Szałwii lekarskiej [P2]. Wspomniane prace badawcze [P1-P4] zostały zrealizowane we współpracy z dr Georgem diCenzo z *Queen's University*, Kingston, Kanada, z dr Przemysławem Swatkiem z *University of Minnesota Twin Cities*, Minnesota, Stany Zjednoczone oraz z dr inż. Piotrem Cyganowskim i dr hab. inż. Jermakowicz-Bartkowiak, prof. PWr z Politechniki Wrocławskiej.

W ramach realizacji prac eksperymentalnych (cykl tematyczny nr 2), byłam zaangażowana w prace badawcze, związane z: a) użyciem CAPs w syntezie nieopłaszczonych nanostruktur metalicznych, celem ich późniejszej immobilizacji w strukturze polimeru oraz b) bezpośrednią syntezą *in-situ* lub/i *ex-situ* nanokompozytów polimerowych [P5-P8]. Efektem realizacji tych prac doświadczalnych było wytworzenie nanokompozytów polimerowych o zdefiniowanych właściwościach [P5-P8]. Te prace badawcze wykonałam we współpracy z dr inż. Piotrem Cyganowskim i dr hab. inż. Jermakowicz-Bartkowiak, prof. PWr z Politechniki Wrocławskiej.

W ramach realizacji prac badawczych (cykl tematyczny nr 3), brałam udział w opracowaniu innowacyjnych metod bezpośredniej, jak i pośredniej eradykacji bakteryjnych fitopatogenów [P9, P10]. Na uwagę zasługuje również fakt, że opracowane z moim udziałem sposoby eradykacji bakteryjnych fitopatogenów są chronione przez dwa patenty [12, 13]. Opublikowane w literaturze naukowej oraz patentowej prace badawcze zrealizowałam we współpracy z grupą prof. dr hab. Ewy Łojkowskiej z MWB UG i GUMed. Obecnie, we współpracy z tym zespołem badawczym realizuję w ramach Konsorcjum dwa projekty naukowe, finansowane z ramienia NCN, tj. Sonatę 15 pt. : „Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych generowanych w kontakcie z przepływającym roztworem do bezpośredniej degradacji antybiotyków oraz obniżenia oporności wielolekowej w środowisku naturalnym” oraz Opus 17 pt.: „Zbadanie antybakteryjnych właściwości roztworów post-plazmowych uzyskiwanych za pomocą zimnych plazm atmosferycznych względem ekonomicznie istotnych fitopatogenów oraz wpływu tych cieczy na wzrost roślin uprawnych”.

W ramach realizacji prac doświadczalnych (cykl tematyczny nr 4), byłam zaangażowana w prace eksperymentalne, związane z zastosowaniem CAPs w onkologii [P11, P12] oraz w analitycznej spektrometrii atomowej [P13]. Efektem realizacji tych prac było: a) wyjaśnienie możliwości zastosowania CAP w leczeniu nowotworów skóry – praca przeglądowa [P11] oraz określenie wpływu medium hodowlanego, traktowanego CAP, na

żywołność, ruchliwość i oraz zdolność do inicjowania apoptozy linii nieprzerzutujących komórek raka piersi MCF7, jak również linii przerzutujących komórek raka piersi MDA-MB-231 [P12]. W pracy [P13] określono możliwość zastosowania CAP do śladowego oznaczania pierwiastków, tj. Ag, Cd oraz Pb.

Odnosząc się do cyklu tematycznego nr 5 byłam zaangażowana w prace, dotyczące zastosowania metod spektrometrii emisyjnej i absorpcyjnej do analizy wielopierwiastkowej różnych produktów spożywczych [P14-P23]. Efektami realizacji prac [P14-P23] było opracowanie szeregu metod analitycznych do oznaczania pierwiastków w żywności, jak i podsumowanie wiedzy z zakresu metod analitycznych, stosowanych obecnie w chemii żywności [P14-P23].

VIII. Dalsze plany badawcze

Moje dalsze plany badawcze są związane z ukierunkowanym wykorzystaniem CAPs, generowanych w unikatowych w skali światowej systemach plazmowych w formie szczotek, dżetów oraz piór, w ochronie środowiska, agrotechnice oraz inżynierii materiałowej.

W ramach projektu SONATA 15 (UMO-2019/35/D/ST8/04107, NCN), którego jestem kierownikiem, planuję kontynuować prace eksperymentalne, związane z degradacją antybiotyków oraz związków endokrynnie czynnych z odpadów ciekłych, pochodzących z przemysłu medycznego lub rolniczego, celem uniknięcia introdukcji tych substancji szkodliwych do środowiska naturalnego. Stosowane do realizacji tych celów CAP będą generowane w szczotkach plazmowych, pracujących w systemie przepływowym. Ze względu na niepowtarzalność opracowanego systemu plazmowego oraz jego wysoką skuteczność do oczyszczania ścieków z chemioterapeutyków, planuję opatentować wspomniany system plazmowy, opracowując międzynarodowe zgłoszenie patentowe w trybie PCT. Finansowanie opracowania wspomnianego patentu międzynarodowego zostało już zapewnione przez NCN. Ze względu na interdyscyplinarny charakter projektu, powyższe badania będę realizowała we współpracy z członkami zespołu prof. dr hab. Ewy Łojkowskiej z MWB UG&GUMed, z członkami zespołu JM Rektora Uniwersytetu Gdańskiego, prof. dr hab. Piotra Stepnowskiego oraz z prof. Alessio Mengoni z Uniwersytetu Florenckiego (Włochy). Przewiduję, że w wyniku realizacji wspomnianych nowatorskich prac badawczych oprócz międzynarodowego zgłoszenia patentowego w trybie PCT zostanie opublikowanych co najmniej pięć artykułów

naukowych w wysoko punktowanych czasopismach z listy JCR (np. *Journal of Hazardous Materials*, *Scientific Reports*, *Nature Communications*).

W ramach projektu OPUS 17 (UMO-2018/31/B/NZ9/03685), którego jestem kierownikiem z ramienia PWr, będę kontynuowała prowadzenie prac badawczych, związanych z zastosowaniem aktywowanych za pomocą CAP wodnych roztworów soli nieorganicznych do eradykacji bakteryjnych fitopatogenów z rodzajów *Dickeya* oraz *Pectobacterium*. Inaktywacja tych bakterii jest szczególnie istotna z ekonomicznego punktu widzenia, gdyż mikroorganizmy te powodują wysokie straty w uprawie roślin, głównie ziemniaków. Nasze badania wskazują, że wspomniane sole mogą mieć także pozytywny wpływ na indukcję kiełkowania oraz stymulować późniejszy wzrost i rozwój siewek. Powyższy aspekt będzie także poddany dalszej ewaluacji. Wspomniane prace badawcze będę wykonywała z członkami zespołu prof. dr hab. Ewy Łojkowskiej z MWB UG&GUMed, a także z dr Georgem diCenzo z Queen's University w Kingston (Kanada). Planuję opublikować na ten temat minimum dwa artykuły naukowe w czasopismach z listy JCR (np. *Frontiers in Microbiology* czy *Biotechnology and Bioengineering*).

W okresie od 01.2022-12.2023 we współpracy z zespołem prof. Piero Baglioni z Uniwersytetu we Florencji (Włochy) będę realizowała prace badawcze dotyczące syntezy i modyfikacji właściwości fizykochemicznych oraz mechanicznych cienkich warstw polimerowych z zastosowaniem CAP, celem późniejszego wykorzystania tych materiałów w medycynie jako biokompatybilnych opatrunków medycznych. W tym celu, opracowałam razem z prof. Massimo Bonini projekt Canaletto, na wspólną realizację w/w prac badawczych. Projekt pt.: „*Application of cold atmospheric pressure plasmas in the preparation and modification of biopolymer hydrogels and thin films*” aktualnie podlega ewaluacji w NAWA. Planuję opublikować na ten temat min. 2 artykuły naukowe w czasopismach z listy JCR (np. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, *Materials*). Ze względu na wysoki charakter aplikacyjny wspomnianych badań, nie wykluczam opracowania wniosku grantowego o charakterze aplikacyjnym z zakresu medycyny (np. LIDER czy ERC).

Jestem głęboko przekonana, że przewidziane do realizacji przeze mnie prace przyczynią się do powszechnego wykorzystania CAP w ochronie środowiska, rolnictwie oraz inżynierii materiałowej. Warto zwrócić uwagę na fakt, że przedstawiony przeze mnie szeroki zakres możliwości wykorzystania CAP jest związany z procesami chemicznymi,

zachodzącymi podczas ich generowania. Stąd też planowane do realizacji zadania są niezwykle rozwojowe w dyscyplinie nauki chemiczne.

IX. Literatura do autoreferatu

[H1] **Dzimitrowicz A.**, Motyka A., Jamroz P., Lojkowska E., Babinska W., Terefinko D., Pohl P., Sledz W. *Materials* 2018, 11, 3

[H2] **Dzimitrowicz A.**, Krychowiak-Masnicka M, Pohl P., Krolicka A., Cyganowski P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz, P. *Plasma Process. Polym.* 2019, 16, e1900033

[H3] **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., diCenzo G.C., Jamroz P., Macioszczyk J., Klimczak A., Pohl P. *Nanomaterials* 2018, 8, 398

[H4] **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., Pohl P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz P., Malik-Gajewska M., Klimczak A., Cyganowski P. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2020, 40, 1037

[H5] **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., diCenzo G., Sergiel I., Kozlecki T., Pohl P. *Arab. J. Chem.* 2019, 12, 4118

[H6] **Dzimitrowicz A.**, Cyganowski P., Pohl P., Milkowska W., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz P. *Nanomaterials* 2020, 10, 1088

[H7] **Dzimitrowicz A.**, Cyganowski P., Pohl P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Terefinko D., Jamroz P. *Nanomaterials* 2018, 8, 619

[H8] Cyganowski P., **Dzimitrowicz A.** *Polymers* 2020, 12, 784

[H9] Jamroz P., **Dzimitrowicz A.**, Pohl P. *Plasma Process. Polymer.* 2018, 15, e1700083

[H10] **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Cyganowski P., Bielawska-Pohl A., Klimczak A., Pohl P. *Food Chem.* 2021, 336, 127635

[H11] **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., Pohl P., Cyganowski P., Motyka-Pomagruk A., Klis T., Policht M., Klimczak A., Jamroz P. *Sci. Rep.* 2020, 10, 21166

- [H12] **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., Jamroz P., Dora J., Krawczenko A., Busco, G., Grillon C., Kieda C., Klimczak A., Terefinko D., Baszczyńska A., Pohl P. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2020, 40, 79
- [P1] **Dzimitrowicz A.**, Cyganowski P., Jamroz P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Rzegocka M., Cwiklinska A., Pohl P. *Materials* 2019, 12, 1
- [P2] **Dzimitrowicz A.**, diCenzo G.C., Swatek P., Cyganowski P., Stencel A., Pogoda D., Jamroz P., Pohl P. *J. Magn. Magn. Mater.* 2019, 480, 87
- [P3] **Dzimitrowicz A.**, Berent S., Motyka A., Jamroz P., Kurcbach K., Sledz W., Pohl P. *Arab J. Chem.* 2019, 12, 4795
- [P4] **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., diCenzo G.C., Gil W., Bojszczak W., Motyka A., Pogoda D., Pohl P. *J. Saudi Chem. Soc.* 2018, 22, 767
- [P5] Cyganowski P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Lesniewicz A., Pohl P., **Dzimitrowicz A.** *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2020, 590, 1
- [P6] Cyganowski P., Lesniewicz A., **Dzimitrowicz A.**, Wolska J., Pohl P., Jermakowicz-Bartkowiak D. *J. Colloid Interface Sci.* 2019, 541, 226
- [P7] Cyganowski P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Jamroz P., Pohl P., **Dzimitrowicz A.** *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2019, 582, 123886
- [P8] Cyganowski P., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Jermakowicz-Bartkowiak D., Pohl P. *Polymers* 2018, 10, 1
- [P9] **Dzimitrowicz A.**, Motyka-Pomagruk A., Cyganowski P., Babinska W., Terefinko D., Jamroz P., Lojkowska E., Pohl P., Sledz W. *Nanomaterials* 2018, 8, 751,
- [P10] Motyka A., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Lojkowska E., Sledz W., Pohl P. *Biotechnol. Bioeng.* 2018, 115, 1581
- [P11] Terefinko D., **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., Klimczak A., Pohl P., Jamroz, P. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2021, doi: 0.1007/s11090-020-10150-7

- [P12] Terefinko D., **Dzimitrowicz A.**, Bielawska-Pohl A., Klimczak A., Pohl P., Jamroz, P. *Int. J. Molecular Sci.* 2020, 22, 3866
- [P13] Swiderski K., Dzimitrowicz A., Pohl P., Jamroz P. *J. Anal. At. Spectrom.* 2018, 33, 437
- [P14] Pohl P., Jamroz P., Greda K., Gorska M., **Dzimitrowicz A.**, Welna M., Szymczycha-Madeja A. *Anal. Chim. Acta* 2021, doi: 10.1016/j.aca.2021.338399
- [P15] Pohl P., **Dzimitrowicz A.**, Greda K., Jamroz P., Lesniewicz A., Szymczycha-Madeja A., Welna M. *TrAC. Trend. Anal. Chem.* 2020, 128, 1
- [P16] Pohl P., Dzimitrowicz A., Lesniewicz A., Welna M., Szymczycha-Madeja A., Cyganowski P., Jamroz. *J. Trace. Elem. Med. Biol.* 2020, 60, 1
- [P17] Pohl P., **Dzimitrowicz A.**, Lesniewicz A., Welna M., Szymczycha-Madeja A., Jamroz P., Cyganowski P. *Microchem. J.* 2020, 157, 105009
- [P18] Pohl P., Pieprz M., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Szymczycha-Madeja A., Welna M. *Molecules* 2019, 24, 3645
- [P19] Pohl P., Greda K., **Dzimitrowicz A.**, Welna M., Szymczycha-Madeja A., Lesniewicz A., Jamroz P. *TrAC. Trend. Anal. Chem* 2019, 113, 234
- [P20] Pohl P., Bielawska-Pohl A., **Dzimitrowicz A.**, Greda K., Jamroz P., Lesniewicz A., Szymczycha-Madeja A., Welna M. *J. Pharm. Biomed. Sci.* 2018, 159, 262
- [P21] Pohl P., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Greda K. *Microchem. J.* 2018, 140, 248
- [P22] Pohl P., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Greda K. *Talanta* 2018, 189, 182
- [P23] Pohl P., Bielawska-Pohl A., **Dzimitrowicz A.**, Jamroz P., Welna M. *TrAC. Trend. Anal. Chem.* 2018, 101, 43
- [1] Chiang W. H., Richmonds C., Sankaran R. M. *Plasma Sources Sci. Technol.* 2010, 19, 034011
- [2] Mariotti D., Patel J., Svrcek V., Maguire P. *Plasma Process. Polym.* 2012, 9, 1074

- [3] Patel J., Nemcova, Maguire P., Graham W. G., Mariotti D. *Nanotechnology* 2013, 24, 245604
- [4] Richmonds C., Sankaran R. M. *Appl. Phys. Lett. A* 2008, 93, 131501
- [5] Shirai N., Uchida S., Tochikubo F. *Jpn. J. Appl. Phys.* 2014, 53, 046202
- [6] Tochikubo F., Yudai S., Shirai N., Uchida S. *Jpn. J. Appl. Phys.* 2014, 53, 12601
- [7] Tochikubo F., Shirai N., Uchida S. *Jpn. Phys. Conf. Ser.* 2014, 565, 012010
- [8] Patent Polska nr Pat.231602. Dzimitrowicz A., Gręda K., Jamroz P., Nyk M., Pohl P. Zgłoszenie patentowe nr P.417933 z 13.07.2016
- [9] Hugouvieux-Cotte-Pattat, N., Condemine, G., Nasser, W., Reverchon, S. *Annu. Rev. Microbiol.* 1996, 50, 213
- [10] Lopez-Miranda, A., Lopez-Valdivieso, A., Viramontes-Gamboa, G. *J. Nanopart. Res.* 2012, 14, 1101
- [11] Patent Polska nr Pat.236055. Dzimitrowicz A., Motyka A., Sledz W., Jamroz P., Pohl P., Lojkowska E. Zgłoszenie patentowe nr P.419246 z 26.10.2016
- [12] Patent Polska nr Pat.236377. Motyka-Pomagruk A., Dzimitrowicz A., Babinska W., Sledz W., Pohl P., Jamroz P., Terefinko D., Lojkowska E. Zgłoszenie patentowe nr P.430866 z 13.08.2019
- [13] Patent Polska nr Pat.236665. Dzimitrowicz A., Motyka-Pomagruk A., Jamroz P., Sledz W., Babinska W., Łojkowska E., Pohl P. Zgłoszenie patentowe nr P.427563 z 29.10.2018
- [14] Liao, C., Li, Y., Tjong, S. C. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20, 449
- [15] Mie, G. *Ann. Phys.* 1908, 25, 377
- [16] Zhou S, Zhang S, Shen H, Chen W, Xu H, Chen X, Sun D, Zhong S, Zhao J, Tang J. *Tumor Biol.* 2017, 39, 1010428317691680

[17] Shiroma, L. Y., Santhiago, M., Gobbi, A. L., Kubota, L. T. *Anal. Chim. Acta* 2012, 725, 44

[18] Zgłoszenie patentowe Polska. Motyka-Pomagruk A., Dzimitrowicz A., Sledz W., Pohl P., Klis T., Jamroz P., Lojkowska E. Zgłoszenie patentowe nr P.431823 z 18.11.2019

[19] Zgłoszenie patentowe Polska. Dzimitrowicz A., Sledz W., Caban M., Jamroz P., Motyka-Pomagruk A., Babinska W., Terefinko D., Pohl P., Stepnowski P., Lojkowska E. Zgłoszenie patentowe nr P. 437603 z 17.04.2021

[20] Starek, A., Pawłat, J., Chudzik, B., Kwiatkowski, M., Terebun, P., Sagan, A., Andrejko, D. *Sci. Rep.* 2020, 9, 1

[21] Dasan, B. G., Boyaci, I. H. *Food Bioprocess. Tech.* 2018, 11, 334

[22] <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>, data dostępu: 02.05.2021

[23] Busco, G., Omran, A. V., Ridou, L., Pouvesle, J. M., Robert, E., Grillon, C. *J. Phys. D. Appl. Phys.* 2019, 52, 24LT01

[24] Li, Y., Kang, M. H., Uhm, H., Lee, G. J., Choi, E. H., Han, I. *Sci. Rep.* 2017, 7, 1

[25] Mirpour, S., Fathollah, S., Mansouri, P., Larijani, B., Ghoranneviss, M., Tehrani, M. M., Amini, M. R. *Sci. Rep.* 2020, 10, 1

[26] Zgłoszenie patentowe Polska. Dzimitrowicz A., Jamroz P., Pohl P., Bielawska-Pohl A., Klimczak A., Miazek A., Dora J. Zgłoszenie patentowe nr P.429275 z 14.03.2019

X. Wykaz skrótów do autoreferatu

AgNPs: nanocząstki srebra

4-AMP: 4-aminofenol

AOP: zaawansowany proces utleniania

AuNPs: nanocząstki złota

CAP: zimna plazma atmosferyczna

DBD: wyładowania barierowe

dc-APGD: stałoprądowe wyładowanie jarzeniowe generowane pod ciśnieniem atmosferycznym

DoE: planowanie doświadczeń

FLA: przepływająca ciekła anoda

FLA-dc-APGD: stałoprądowe wyładowanie jarzeniowe generowane pod ciśnieniem atmosferycznym, generowane w kontakcie z przepływającą ciekłą anodą

FLC: przepływająca ciekła katoda

FLC-dc-APGD: stałoprądowe wyładowanie jarzeniowe generowane pod ciśnieniem atmosferycznym, generowane w kontakcie z przepływającą ciekłą katodą

FRU: fruktoza

LSPR: zlokalizowany powierzchniowy rezonans plazmonowy

MBC: minimalne stężenie bakteriobójcze

MIC: minimalnego stężenie hamujące

nanoemulsja O/W: nanoemulsja typu olej w wodzie

4-NP.: 4-nitrofenol

NPs: nanocząstki

PEC: pektyny

pm-rf-APGD: modulowane za pomocą częstotliwości radiowej wyładowania jarzeniowe generowane pod ciśnieniem atmosferycznym

PVP: poliwinylpirolidon

RNS: reaktywne formy azotu

ROS: reaktywne formy tlenu

RSM: metodologia odpowiedzi powierzchni

SDS: dodecylosiarczan sodu

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk chemicznych wykazywałam się aktywnością naukową, realizowaną przeze mnie w więcej niż jednej instytucji naukowej, tj. zarówno w Jednostkach zagranicznych, jak i krajowych. Najdłuższy staż zagraniczny odbyłam w okresie od września 2018 roku do listopada 2018 roku w laboratorium Dr. Catherine Grillon w CNRS, Orleans, Francja, w ramach stypendium stażowego BGF dla post-doc, przyznanego mi przez Ambasadę Francuską. Publikacja [H12], włączona do cyklu habilitacyjnego, w dużej mierze jest wynikiem umiejętności, które zdobyłam podczas pobytu w CNRS.

Poniżej przedstawiłam podsumowanie aktywności naukowej, realizowanej przeze mnie w instytucjach krajowych jak i zagranicznych, zarówno po obronie rozprawy doktorskiej, jak i przed obroną rozprawy doktorskiej.

Wykaz aktywności naukowych, zrealizowanych przeze mnie po uzyskaniu stopnia doktora nauk chemicznych w Jednostkach zagranicznych i krajowych:

1) **Center for Molecular Biophysics CNRS**, Orleans, Francja, 09/2018 – 11/2018, opiekun stażu: **dr Catherine Grillon**, **3-miesięczny staż naukowo-badawczy, finansowany przez Ambasadę Francuską, w ramach przyznanego mi stypendium BGF**. Podczas tego pobytu naukowego realizowałam prace eksperymentalne związane z określeniem możliwości zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w dermatologii. **Efektom mojej pracy w tej Jednostce jest opublikowanie artykułu [H12]**.

2) **University of Florence**, Department of Biology, Sesto Fiorentino, Włochy, 07/2018 – 07/2018, opiekun stażu: **prof. Alessio Mengoni**, **1-miesięczny staż naukowo-badawczy, finansowany przez KNOW**. W czasie trwania pobytu naukowego realizowałam prace *in silico*, związane z możliwością wykorzystania języków programowania R oraz MATLAB w bioinformatyce i nanobiotechnologii. **Efektom mojej pracy w tej Jednostce było opracowanie, a w chwili obecnej wspólne realizowanie projektu badawczego Sonata 15 pt.: „Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych generowanych w kontakcie z**

przepływającym roztworem do bezpośredniej degradacji antybiotyków oraz obniżenia oporności wielolekowej w środowisku naturalnym”, którego jestem Kierownikiem.

3) **Uniwersytet Gdański i Gdański Uniwersytet Medyczny**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Gdańsk, Polska, 10/2020, opiekun stażu: **dr inż. Wojciech Śledź**, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. **Podczas tego pobytu naukowego realizowałam prace badawcze w ramach projektu Opus 17 pt.: „Zbadanie antybakteryjnych właściwości roztworów post-plazmowych uzyskiwanych za pomocą zimnych plazm atmosferycznych względem ekonomicznie istotnych fitopatogenów oraz wpływu tych cieczy na wzrost roślin uprawnych”** , w którym pełnię funkcję Kierownika z ramienia Politechniki Wrocławskiej. Badania te miały na celu zbadanie właściwości antybakteryjnych wytworzonych z zastosowaniem zimnej plazmy atmosferycznej roztworów post-plazmowych, względem bakteryjnych fitopatogenów.

4) **Uniwersytet Gdański i Gdański Uniwersytet Medyczny**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Gdańsk, Polska, 02/2019 – 02/2019, opiekun stażu: **dr inż. Wojciech Śledź**, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. Podczas tego pobytu naukowego realizowałam prace badawcze, związane z oceną możliwości zastosowania zimnych plazm atmosferycznych do bezpośredniej eradykacji bakteryjnych fitopatogenów z materiału roślinnego.

5) **Politechnika Lubelska**, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, Lublin, Polska, 01/2018 – 02/2018, opiekun stażu: **dr hab. inż. Joanna Pawłat, prof. PL**, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. Podczas tego krótkie wyjazdu naukowego badałam możliwość zastosowania wyładowań ze ślizgającym się łukiem elektrycznym w syntezie nanostruktur metalicznych z grupy miedziowców.

Wykaz aktywności naukowych, zrealizowanych przeze mnie w Jednostkach zagranicznych i krajowych przed uzyskaniu stopnia doktora nauk chemicznych:

1) **University of Florence**, Department of Chemistry „Ugo Schiff”, Sesto Fiorentino, Włochy, 06/2015 – 07/2015, opiekun stażu: **prof. Piero Baglioni**, 2-miesięczny staż naukowo-badawczy, finansowany w ramach projektu: „**Bionanomaterials: BioNaM** –

nowy kierunek interdyscyplinarnych studiów doktoranckich oraz program staży dla studentów na I, II i III stopniu kształcenia”. W czasie trwania pobytu naukowego realizowałam prace eksperymentalne, związane z wykorzystaniem metod redukcji chemicznej w syntezie nanostruktur magnetycznych.

2) **Uniwersytet Gdański i Gdański Uniwersytet Medyczny**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Gdańsk, Polska, 07/2017 – 07/2017, opiekun stażu: dr inż. Wojciech Śledź, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. W czasie trwania pobytu naukowego wykonywałam m.in. prace badawcze, związane z oceną właściwości antybakteryjnych zsyntetyzowanych metodą plazmową nanomateriałów.

3) **Uniwersytet Gdański i Gdański Uniwersytet Medyczny**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Gdańsk, Polska, 12/2016 – 12/2016, opiekun stażu: **dr inż. Wojciech Śledź**, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. W czasie trwania pobytu naukowego wykonywałam m.in. prace eksperymentalne związane z oceną właściwości antybakteryjnych zsyntetyzowanych metodą plazmową nanomateriałów.

4) **Uniwersytet Gdański i Gdański Uniwersytet Medyczny**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Gdańsk, Polska, 11/2015 – 12/2015, opiekun stażu: **prof. dr hab. Ewa Łojkowska**, kilkudniowy staż naukowo-badawczy. W czasie trwania pobytu naukowego zapoznawałam się z pracą w warunkach jałowych oraz nauczyłam się wykonywać proste analizy mikrobiologiczne.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

A) Osiągnięcia dydaktyczne:

Do moich osiągnięć dydaktycznych mogę zaklasyfikować prowadzenie zajęć laboratoryjnych oraz obliczeniowych dla Studentów I oraz II stopnia z zakresu chemii analitycznej, chemii nieorganicznej, chemii środowiska oraz spektroskopii.

Do chwili obecnej prowadziłam następujące kursy dydaktyczne: a) **Chemia analityczna** (laboratorium), b) **Podstawy chemii analitycznej** (laboratorium), c) **Analiza próbek środowiskowych i przemysłowych** (laboratorium), d) **Analiza śladowa i instrumentalna** (laboratorium), e) **Chemia środowiska** (laboratorium), f) **Analiza środowiskowa, żywności i leków** (laboratorium), g) **Metody spektroskopowe w analizie chemicznej** (ćwiczenia), h) **Analiza i monitoring środowiska** (laboratorium), i) **Spektroskopia** (laboratorium) oraz j) **Polimerowe materiały promienioczułe** (laboratorium).

W ramach prowadzenia kursów dydaktycznych **praca dyplomowa, praca dyplomowa I, praca dyplomowa II, graduate laboratory I oraz graduate laboratory II**, byłam Promotorem 12 prac dyplomowych inżynierskich oraz 4 prac dyplomowych magisterskich, w tym 1 pracy dyplomowej magisterskiej, opracowanej przez Studentkę w języku angielskim. Co więcej, pełniłam funkcję Recenzenta 13 prac dyplomowych inżynierskich oraz 5 prac dyplomowych magisterskich. Obecnie jestem Promotorem 3 prac dyplomowych magisterskich, 1 pracy dyplomowej inżynierskiej, a także nieformalnym opiekunem naukowym w przewodzie doktorskim pt.: „*Określenie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy atmosferycznej na modelu ludzkich komórek nowotworowych*”, realizowanym przez Pana mgr inż. Dominika Terefinko, który wykonuje również prace badawcze w ramach projektu Sonata 15, którego jestem Kierownikiem.

B) Osiągnięcia organizacyjne:

Do moich osiągnięć organizacyjnych mogę zaklasyfikować m.in.:

Po obronie rozprawy doktorskiej:

1. Pełnienie funkcji Recenzenta w renomowanych czasopismach z listy JCR, tj. *Molecules, Materials, Arabian Journal of Chemistry, Nanomaterials, Applied Sciences, Water, Crystals, International Journal of Molecular Sciences, Cancers, Sensors, LWT Food Science and Technology, Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects, Scientific Reports, Plasma Sources Science and Technology*. Sumarycznie do dnia 08.04.2021 zrecenzowałam 33 artykuły naukowe.

2. Członkostwo w *International Plasma Chemistry Society* (IPCS) (2019 – obecnie)
3. Członkostwo w *France Alumni Polska* (2018 – obecnie)
4. Członkostwo w *European Colloid & Interface Society* (2016 – obecnie)
5. Członkostwo w Polskim Towarzystwie Chemicznym (2013 – obecnie)

Przed obroną rozprawy doktorskiej:

6. Członkostwo w Radzie Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej (2014-2016).
7. Członkostwo w Wydziałowej Komisji ds. Oceny i Zapewniania Jakości Kształcenia, Politechnika Wrocławska (2014-2016)
8. Członkostwo w Ogólnouczelnianej Doktoranckiej Komisji Stypendialnej, Politechnika Wrocławska (2014-2016)
9. Członkostwo w Wydziałowej Komisji Wyborczej, Politechnika Wrocławska (2014-2016)
10. Udział w komitecie organizacyjnym II Międzynarodowej Interdyscyplinarnej Konferencji Młodych Naukowców pt.: „*Rozwój człowieka w przestrzeni materialnej i społecznej*”, Wrocław (18-19.11.2014)

C) Osiągnięcia popularyzujące naukę

Do moich osiągnięć popularyzujących naukę, zrealizowanych po obronie rozprawy doktorskiej, mogę zaklasyfikować m.in.:

Po obronie rozprawy doktorskiej:

1. Aktywne prowadzenie zajęć dydaktycznych w formie wykładów i pokazów w ramach projektu "**Labday**", Politechnika Wrocławska, Wrocław (30.03.2019).
2. Udzielenie audycji popularyzującej naukę w **Polskim Radiu Wrocław**, Wrocław (13.03.2019), link do audycji:

<https://www.radiowroclaw.pl/articles/view/85148/Projekt-Nauka-Muzyczna-gra-z-Wroclawia>

3. Udzielenie audycji popularyzującej naukę w **Radiu Gdańsk**, 13.02.2019, link do audycji:

<https://radiogdansk.pl/wiadomosci/item/89837-naukowcy-jak-wojownicy-z-gwiezdnich-wojen-swietlnym-mieczem-walcza-z-zarazkami/89837-naukowcy-jak-wojownicy-z-gwiezdnich-wojen-swietlnym-mieczem-walcza-z-zarazkami>

4. Aktywne prowadzenie zajęć dydaktycznych w formie wykładów i pokazów w ramach projektu "**Labday**", Politechnika Wrocławska, Wrocław (24.03.2018).

Przed obroną rozprawy doktorskiej:

5. Prowadzenie zajęć dydaktycznych i popularyzujących naukę dla dzieci, młodzieży i dorosłych podczas **XVI, XVII oraz XVIII Dolnośląskiego Festiwalu Nauki** w Politechnice Wrocławskiej, Wrocław (2013-2015).

6. Uczestnictwo w projekcie **Uniwersytet Dzieci** - prowadzenie warsztatów dla dzieci

pt.: „**Dlaczego szampon myje?**”, Wrocław (12.2014-01.2015).

7. Inne informacje, dotyczące kariery zawodowej

A) Uzyskane nagrody oraz stypendia naukowe:

Po obronie rozprawy doktorskiej:

1. Nagroda w politechnicznym konkursie *Secundus*, dedykowanym do młodych badaczy (poniżej 40. roku życia) z najlepszym dorobkiem publikacyjnym (11.2020).

2. Nagroda za uznane osiągnięcia badawcze, Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej (09.2020).

3. Wyróżnienie w VII edycja konkursu „Eureka! DGP – odkrywamy polskie wynalazki” za wynalazek pt.: „*Sposób eradykacji bakteryjnych fitopatogenów*” (24.06.2020).

4. Nagroda Specjalna Pani Prezes Urzędu Patentowego RP w X edycji Ogólnopolskiego Konkursu „Student-Wynalazca” za wynalazek pt.: „*Sposób otrzymywania preparatu do*

stymulacji wzrostu roślin, preparat otrzymany tym sposobem oraz zastosowanie preparatu do stymulacji wzrostu roślin, w szczególności tych istotnych gospodarczo” (02.2020).

5. Nagroda JM Rektora Politechniki Wrocławskiej za uznane osiągnięcia naukowe w kategorii badawczej (11.2019).

6. Stypendium dla **Młodych Wybitnych Naukowców**, finansowane przez **MNiSW** (10.2018-10.2021).

7. **Stypendium BGF**, finansowane przez Ambasadę Francuską na pobyt badawczy w CNRS Orleans (09.2018-11.2018).

8. Stypendium **START** dla wybitnych młodych naukowców, finansowane przez **Fundację na Rzecz Nauki Polskiej** (07.2018-06.2019).

9. Nagroda JM Rektora Politechniki Wrocławskiej za uznane osiągnięcia naukowe (11.2017).

Przed obroną rozprawy doktorskiej:

10. Stypendium z funduszu własnego Politechniki Wrocławskiej (04.2017).

11. **Stypendium im. Maxa Borna** za wybitne osiągnięcia naukowe w zakresie nauk chemicznych oraz fizycznych w ramach Studenckiego Programu Stypendialnego przy Urzędzie Miejskim Wrocławia oraz Prezydencie Miasta Wrocławia (11.2016).

12. Nagroda JM Rektora Politechniki Wrocławskiej za uznane osiągnięcia naukowe (11.2016).

13. Nagroda rzeczowa za najlepszy referat "Usuwanie szkodliwych jonów Cr(VI) z wód powierzchniowych za pomocą mikrowyładowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą", wygłoszony podczas *V Międzynarodowej Konferencji Naukowej Inżynieria Środowiska - Młodym Okiem* (05.2016).

14. Stypendium z funduszu własnego Politechniki Wrocławskiej (04.2016).

15. Nagroda JM Rektora Politechniki Wrocławskiej za uznane osiągnięcia naukowe (11.2015).

16. Nagroda rzeczowa za najlepszy referat "*Oczyszczanie wód z barwników organicznych za pomocą plazmy atmosferycznej, jako nowoczesna technologia stosowana w inżynierii środowiska*", wygłoszony podczas IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej Inżynieria Środowiska - Młodym Okiem (05.2015).

17. Nagroda JM Dziekana Wydziału Chemicznego za wybitne osiągnięcia naukowe (11.2014).

18. Nagroda rzeczowa za najlepszą prezentację pt.: „Synteza i właściwości nanostruktur metalicznych” , wygłoszoną podczas konferencji II Konferencji dla Młodych Naukowców pt.: „*Dokonania naukowe doktorantów*” (04.2014).

19. Stypendium z dotacji podmiotowej na dofinansowanie zadań projakościowych w Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej (2014/2015, 2015/2016 i 2016/2017).

20. Stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej (2014/2015, 2015/2016 i 2016/2017).

B) Kierownictwo lub udział w projektach badawczych

I) Projekty aktualnie będące w toku realizacji:

1. „*Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych generowanych w kontakcie z przepływającym roztworem do bezpośredniej degradacji antybiotyków oraz obniżenia oporności wielolekowej w środowisku naturalnym*”, lipiec 2020 – obecnie, projekt **Sonata 15**, Narodowe Centrum Nauki, UMO-2019/35/D/ST8/04107, Funkcja: **Kierownik projektu**. Projekt realizowany w Konsorcjum złożonym z Politechniki Wrocławskiej (Lider) oraz Uniwersytetu Gdańskiego (Partner).

2. „*Zbadanie antybakteryjnych właściwości roztworów post-plazmowych uzyskiwanych za pomocą zimnych plazm atmosferycznych względem ekonomicznie istotnych fitopatogenów oraz wpływu tych cieczy na wzrost roślin uprawnych*”, luty 2020 – obecnie, projekt **Opus 17**, Narodowe Centrum Nauki, UMO-2019/33/B/NZ9/00940, Funkcja: **Kierownik projektu** z ramienia Politechniki Wrocławskiej. Projekt realizowany w Konsorcjum złożonym z Politechniki Wrocławskiej (Partner) oraz Uniwersytetu Gdańskiego (Lider).

II) Projekty zakończone po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

3. „Zastosowanie zimnej plazmy atmosferycznej w procesie gojenia ran na modelach *in vitro* oraz *in vivo*”, listopad 2017 – wrzesień 2018, **projekt KNOW**, 674/2017/KNOW, Funkcja: **Wykonawca**.

4. „Zminiaturyzowane wyladowanie jarzeniowe pod ciśnieniem atmosferycznym generowane w kontakcie z cieczą jako nowe źródło wzbudzenia i atomizacji w analitycznej i optycznej spektrometrii emisyjnej – badanie mechanizmów transportu i wzbudzenia analitów oraz charakterystyka analityczna”, maj 2016 – październik 2019, projekt **Opus 7**, Narodowe Centrum Nauki, UMO-2014/13/B/ST4/05013, Funkcja: **Wykonawca**.

5. „Zastosowanie mikrowyladowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z przepływającym roztworem do syntezy nanostruktur metalicznych o określonych właściwościach optycznych i granulometrycznych”, listopad 2015 – marzec 2018, **projekt Preludium 9**, Narodowe Centrum Nauki, UMO-2015/17/N/ST4/0380, Funkcja: **Kierownik projektu**.

III) Projekty zakończone przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

6. „Synteza i właściwości nanostruktur metalicznych”, październik 2015 – wrzesień 2016, projekt **MNiSW**, tj. zadanie badawcze finansowane przez Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej w ramach dotacji dla doktorantów, Projekt Nr B50588/W-3, Funkcja: **Wykonawca**.

C) Uczestnictwo w warsztatach, kursach i szkoleniach:

Po obronie rozprawy doktorskiej:

1. Udział w projekcie "*Innowacyjna Uczelnia - Innowacyjny Nauczyciel*" (POWR.03.04.00-00-D152/16-00) (02.2018-06.2018).

Przed obroną rozprawy doktorskiej:

2. Ukończenie szkolenia nt. eksploatacji „E” urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych, ciepłych oraz gazowych (12.2016).

3. Ukończenie szkolenia "*Audytor wewnętrzny systemu HACC*", LABKONSULTING, (12.02.2015).
4. Ukończenie kursu dydaktycznego szkoły wyższej cz. I i II, Politechnika Wroclawska (30.01.2014).
5. Ukończenie kursu pedagogicznego dla nauczycieli, Politechnika Wroclawska (30.06.2014).

dr inż. Anna Patrycja Dzimitrowicz

Dzimitrowicz.