

Uniwersytet Rzeszowski, al. Rejtana 16c,
35-959 Rzeszów

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

NATALIA MATŁOK

Kolegium Nauk Przyrodniczych,
Uniwersytet Rzeszowski

Wniosek

z dnia 14 lipca 2021 roku

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie **nauk rolniczych** w dyscyplinie¹ **rolnictwo i ogrodnictwo**.

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora
habilitowanego:

**Cykl 9 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b
Ustawy pt. „Poprawa jakości surowca zielarskiego wybranymi czynnikami abiotycznymi”**

Wnioskuje – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie
wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała
uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym***²

Zostałam poinformowana, że:

*Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w
sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości
Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).*

*Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie
organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c)
Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.
232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu
przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i
obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.*

*Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest
na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html*


.....
podpis wnioskodawcy

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dyplomu nauk rolniczych
3. Autoreferat w języku polskim
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny w języku polskim
5. Oświadczenia współautorów o indywidualnym wkładzie w prace składające się na osiągnięcie naukowe w języku polskim
6. Kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe
7. Dwa nośniki (pendrive) zawierające elektroniczną wersję wniosku wraz z załącznikami

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

AUTOREFERAT

**Prezentujący dorobek i osiągnięcia naukowe
kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk rolniczych
pt. „*Poprawa jakości surowca zielarskiego wybranymi czynnikami
abiotycznymi*”**

dr inż. Natalia Agnieszka Matlok

Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski

Rzeszów 2021

Spis treści

Lp.	Nr strony
1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy	4
4.1 Tytuł osiągnięcia	4
4.2 Spis publikacji wchodzących w skład osiągnięcia	4
4.3 Omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników badań	7
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej	26
5.1. Aktywność naukowa w uczelniach i instytucjach krajowych oraz zagranicznych efektem, której są publikacje naukowe	26
5.2. Aktywność naukowa we współpracy z uczelniami i instytucjami krajowymi w wyniku, których realizowane są projekty naukowe	29
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę	30
6.1. Popularyzacja nauki	30
6.2. Osiągnięcia dydaktyczne	32
6.3. Działalność organizacyjna	34
7. Informacje dodatkowe dotyczące kariery zawodowej	35
7.1. Działalność wynalazcza	35
7.2. Dorobek technologiczny	36
7.3. Działalność badawczo-rozwojowa	36
7.4. Nagrody międzynarodowe i krajowe za działalność wynalazczą i naukową	37
Podsumowanie działalności naukowo-badawczej	
A Ocena dorobku publikacyjnego według punktacji MNiSW oraz wartość wskaźnika Impact Factor	39
B Struktura rodzajowa dorobku publikacyjnego	40
C Zestawienie zgłoszeń patentowych i uzyskanych patentów	40

1. IMIĘ I NAZWISKO

NATALIA AGNIESZKA MATŁOK

2. WYKSZTAŁCENIE

Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

- **2011 rok- inżynier:** Kierunek: Rolnictwo; specjalizacja: Kształtowanie Środowiska, Wydział Biologiczno-Rolniczy- Uniwersytet Rzeszowski – 2 lutego 2011 r. Tytuł pracy inżynierskiej: *„Ocena produkcji podkładek oraz drzewek owocowych w latach 2007-2009 w województwie podkarpackim”*.
- **2012 rok- magister:** Kierunek: Rolnictwo; specjalizacja: Agrobiznes z Rolnictwem Ekologicznym, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski – 21 czerwca 2012 r. Tytuł pracy magisterskiej: *„Ocena wybranych właściwości fizycznych korzeni marchwi”*.
- **2018 rok – doktor nauk rolniczych** w dyscyplinie agronomia: stopień nadany uchwałą Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego 22 listopada 2018 r. Tytuł rozprawy: *„Rolnicze, energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej”*. Rozprawa nagrodzona wyróżnieniem przez Radę Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.

3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- 2012 – 2017 - studia doktoranckie Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach i Uniwersytetu Rzeszowskiego;
- 2013 – 2015 - wykonawca badań laboratoryjnych w projekcie naukowym pt. *„Integracja środowisk naukowych obszaru pogranicza polsko-ukraińskiego”* realizowanym w ramach Programu Współpracy Transgranicznej

Polska- Białoruś- Ukraina na Wydziale Biologiczno- Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego;

- 2015 – 2019 - wykonawca w projekcie badawczo-rozwojowym (B+R) pt. „*Opracowanie innowacyjnych nawozów na bazie alternatywnego źródła surowca*” nr 270963 w ramach Programu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „ŚRODOWISKO NATURALNE, ROLNICTWO I LEŚNICTWO” – BIOSTRATEG1 realizowanym na Wydziale Biologiczno- Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego;
- 2019 – do chwili obecnej - adiunkt badawczo-dydaktyczny w Zakładzie Inżynierii Produkcji Rolno- Spożywczej, Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie.

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2020 R. POZ. 85 Z PÓŻN. ZM.).

4.1. Tytuł osiągnięcia:

„Poprawa jakości surowca zielarskiego wybranymi czynnikami abiotycznymi”

4.2. Spis publikacji (P) wchodzących w skład osiągnięcia:

Osiągnięcie naukowe zostało udokumentowane cyklem 9 oryginalnych publikacji z Impact Factor. Łączna wartość bibliometryczna przedstawionych publikacji wynosi:

- Impact Factor (IF) – **27,319**
- punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW, 2019-2021) – **860 punktów.**

Prace oryginalne:

P1: Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Adam Figiel, Maciej Balawejder (2021). Effect of fertilization on the quality of dried coriander (*Coriandrum sativum* L.) and lovage (*Levisticum officinale*), *Agriculture* 11(5), 386; doi: 10.3390/agriculture11050386.

Punktacja MNiSW(2019 rok): 100, Impact Factor(za ostatni rok): 2,925.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji eksperymentu, przygotowanie manuskryptu.

P2: Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Tomasz Piechowiak, Piotr Antos, Miłosz Zardzewiały, Maciej Balawejder (2020). Impact of ozonation process on the content of bioactive compounds with antioxidant properties in scots pine (*Pinus sylvestris* L.) shoots as well as yield and composition of essential oils, *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, XXIV(2), s. 146-155, doi: 10.2478/auaft-2020-0013.

Punktacja MNiSW(2019 rok): 140, Impact Factor(za ostatni rok): 2,000.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji eksperymentu, analiza wyników, przygotowanie manuskryptu.

P3: Natalia Matłok, Tomasz Piechowiak, Miłosz Zardzewiały Józef Gorzelany, Maciej Balawejder (2020). Effects of ozone treatment on microbial status and the contents of selected bioactive compounds in *Origanum majorana* L. plants, *Plants*, 9(12), 1637, doi: 10.3390/plants9121637.

Punktacja MNiSW(2019 rok): 70, Impact Factor(za ostatni rok): 3,935.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji eksperymentu, udział w przygotowaniu manuskryptu.

P4: Natalia Matłok, Tomasz Piechowiak, Józef Gorzelany, Miłosz Zardzewiały, Maciej Balawejder (2020). Effect of ozone fumigation treatment applied in production of red-veined sorrel (*Rumex sanguineus* ssp. *sanguineus*) on the

physiological parameters and contents of bioactive compounds in the plants, *Agronomy*, 10(11), 1726, doi:10.3390/agronomy10111726.

Punktacja MNiSW_(2019 rok): 100, Impact Factor_(za ostatni rok): 3,417.

Mój udział: : autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji eksperymentu, analiza wyników, udział w przygotowaniu manuskryptu.

P5: Natalia Matłok, Agnieszka Ewa Stepień, Józef Gorzelany, Renata Wojnarowska-Nowak, Maciej Balawejder (2020). Effects of organic and mineral fertilization on yield and selected quality parameters for dried herbs of two varieties of oregano (*Origanum vulgare* L.), *Applied Sciences*, 10(16), 5503, doi:10.3390/app10165503.

Punktacja MNiSW_(2019 rok): 70, Impact Factor_(za ostatni rok): 2,679.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji eksperymentu, przygotowanie manuskryptu.

P6: Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Sabina Lachowicz, Maciej Balawejder (2020). Influence of drying method on some bioactive compounds and the composition of volatile components in dried pink rock rose (*Cistus creticus* L.), *Molecules*, 25, 2596, doi.: 10.3390/molecules25112596.

Punktacja MNiSW_(2019 rok): 100, Impact Factor_(za ostatni rok): 4,411.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, realizacja części badań, udział w przygotowaniu manuskryptu.

P7: Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Tomasz Piechowiak, Maciej Balawejder (2020). Influence of drying temperature on the content of bioactive compounds in scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) shoots as well as yield and composition of essential oils. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, XXIV(1), s. 15-24, doi: 10.2478/auaft -2020-0002.

Punktacja MNiSW_(2019 rok): 140, Impact Factor_(za ostatni rok): 2,000.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków

eksperymentu, udział w realizacji badań, analiza wyników, udział w przygotowaniu manuskryptu.

P8: **Natalia Matłok**, Józef Gorzelany, Agnieszka Ewa Stępień, Adam Figiel, Maciej Balawejder (2019). Effect of fertilization in selected phytometric features and contents of bioactive compounds in dry matter of two varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Sustainability* 11, 6590; doi:10.3390/su11236590.

Punktacja MNiSW(2019 rok): **70**, **Impact Factor**(za ostatni rok): **3,251**.

Mój udział: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w przygotowaniu manuskryptu.

P9: Agnieszka Ewa Stępień, Józef Gorzelany, **Natalia Matłok**, Krzysztof Lech, Adam Figiel (2019). The effect of drying methods on the energy consumption, bioactive potential and colour of dried leaves of Pink Rock Rose (*Cistus creticus*). *Journal of Food Science and Technology*, 56, s. 2386–2394, doi.:10.1007/s13197-019-03656-2.

Punktacja MNiSW(2019 rok): **70**, **Impact Factor**(za ostatni rok): **2,701**.

Mój udział: pomysłodawca badań, dobór warunków eksperymentu, udział w realizacji badań, analiza wyników, udział w przygotowaniu manuskryptu.

Niezależnie od powyższego zestawienia, wykaz i kopie monotematycznego cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe oraz oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie tych publikacji zamieszczono w załącznikach nr 5 -13.

4.3. Omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników badań

Celowość prowadzonych badań i hipoteza badawcza

Polska od wielu lat jest czołowym producentem surowców zielarskich w Europie. Surowce te dotychczas pochodziły ze stanu naturalnego i plantacji roślin zielarskich. Jednakże rosnące zapotrzebowanie na standaryzowany surowiec

wysokiej jakości skutkowało rozwojem plantacji roślin zielarskich i zmniejszeniem do 20% udziału roślin pochodzących z naturalnych siedlisk. W 2019 roku łączna powierzchnia upraw ziół w naszym kraju wynosiła ponad 30 tysięcy hektarów, co ukłasyfikowało nas na drugim miejsce w Europie pod względem wielkości produkcji. Produkowane rośliny zielarskie przeznaczone są nie tylko do bezpośredniego spożycia ale stanowią także surowiec do wytwarzania przypraw, produktów farmaceutycznych jak również kosmetycznych, co wiąże się z koniecznością wytwarzania surowca o najwyższej jakości i czystości mikrobiologicznej, jednorodnego pod względem fitochemicznym, spełniającym wymogi stawiane przez ustawodawcę. W celu uzyskania takiego surowca plantacje prowadzone są zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej (*Good Agricultural Practice, GAP*) z wykorzystaniem najnowszych osiągnięć agrotechnicznych i genetycznych. Pomimo stosowania tych zasad, zmienne warunki klimatyczno-glebowe panujące w trakcie produkcji jak również różne metody zbioru i utrwalania utrudniają produkcję wysokiej jakości surowca zielarskiego. Dlatego też postawiono hipotezę badawczą, że **stosując wybrane czynniki abiotyczne w bezpieczny sposób można uzyskać surowiec zielarski o podwyższonych parametrach jakościowych.**

Uzyskane wyniki badań

Podsumowanie uzyskanych wyników badań przedstawionych w pracach składających się na osiągnięcie naukowe

Jakość wytwarzanego surowca zielarskiego uzależniona jest od wielu czynników, takich jak gatunek, odmiana oraz warunki uprawy, do których należy między innymi klimat, siedlisko, stres wodny oraz zastosowane nawożenie i czas zbioru. Często w obrębie jednego gatunku i odmiany identyfikuje się różne chemotypy, różniące się składem metabolitów wtórnych, których obecność często decyduje o jakości produkowanego surowca, a tym samym jego przydatności. Prowadzone prace badawcze pokazały, że możliwa jest modyfikacja składu metabolitów wtórnych stosując różnego typu czynniki biotyczne i abiotyczne. W swoich pracach badawczych składających się na osiągnięcie skupiłam się na wykazaniu wpływu niektórych czynników abiotycznych na wybrane parametry

jakościowe roślin oraz produkowanego z nich finalnie surowca zielarskiego. Do czynników takich należały eksperymentalne podłoża fortyfikowane ekstraktem z pokrzywy zwyczajnej [P1, P5, P8], fumigacja gazowym ozonem [P2, P3, P4]. Ponadto w celu utrwalenia wyprodukowanego surowca moje badania ukierunkowane były na ocenę wpływu różnych metod oraz warunków procesu suszenia na jakość produkowanego finalnie surowca zielarskiego [P6, P7, P9].

Prace badawcze rozpoczęłam od produkcji roślin bazylii pospolitej, wykorzystując schemat dwuczynnikowego doświadczenia wazonowego [P8]. Produkcję przeprowadzono na stołach zalewowych w tunelu foliowym w trzech powtórzeniach. Powierzchnia jednej replikacji obiektu badawczego wynosiła 0,5 m² i obejmowała 32 doniczki produkcyjne o objętości 0,78 dm³, w których na głębokości ok. 0,5 cm wysiewano po 4 nasiona. Badanymi czynnikami doświadczenia była odmiana bazylii pospolitej (*Genovese* i *Violetto*) oraz zastosowane nawożenie (organiczne i mineralne). Nawożenie polegało na zastosowaniu podłoża, torfu jałowego o pH 5,5-6,5 (70% wagowo) fortyfikowanego ekstraktem z pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica* L.) (10% wagowo) oraz z dodatkiem obornika końskiego (20% wagowo) (nawożenie organiczne). Azot w dawce 0,15 g·roślina⁻¹ został uzupełniony nawozem organicznym Bioilsa N 12,5. Natomiast w drugim wariancie torf wzbogacono o azot (dawka 0,15 g·roślina⁻¹) stosując saletrę amonową (nawożenie mineralne). Wilgotność podłoża, na którym uprawiano bazylię utrzymywano na poziomie 60% PPW. Temperatura w czasie prowadzenia doświadczenia wynosiła ok. 25°C. Podczas trwania eksperymentu nie prowadzono chemicznej ochrony roślin. W trakcie wzrostu roślin wykonano pomiary wybranych cech biometrycznych roślin, a następnie określono wielkość biomasy nadziemnej. Zbiór roślin przeprowadzono po 5 tygodniach od siewu. Zebrany materiał roślinny poddano procesowi suszenia, a następnie szeregowi analiz chemicznych. Proces suszenia przeprowadzono jedną metodą [metoda łączona (CPD 40°C–VMFD 240 W), polegającą na podsuszeniu konwekcyjnym w temp 40°C (CPD 40°C) i dosuszaniu mikrofalowo- próżniowym (VMFD 240 W)], tak aby zaobserwować wyłącznie wpływ zastosowanego nawożenia na jakość finalnego surowca zielarskiego. Uzyskany susz oceniono pod względem barwy w systemie CIE L*a*b* (Colour Ques Spectrophotometer) oraz poddano analizom spektrofotometrycznym w celu określenia całkowitej zawartości polifenoli i właściwości przeciwutleniających metodą ABTS. Przeprowadzono również analizę

fazy nadpowierzchniowej metodą HS-SPME w celu oznaczania składu związków lotnych odpowiedzialnych za zapach finalnego surowca zielarskiego.

Zastosowane w doświadczeniu nawożenie istotnie wpłynęło na wybrane parametry fitometryczne roślin bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.). Najwyższe wartości badanych cech fitometrycznych roślin, tj. wysokości, masy roślin oraz masy pojedynczych liści w środkowej części pierwszego, drugiego i trzeciego rozgałęzienia od stożka wzrostu uzyskano w przypadku roślin nawożonych organicznie. Zastosowane nawożenie organiczne skutkowało wzrostem masy pojedynczych roślin bazylii odmiany *Violetto* i *Genovese* odpowiednio o 23,8% i 28,1% w porównaniu do masy roślin nawożonych mineralnie. Podobne efekty odnotowano w przypadku masy pojedynczych liści bazylii. Przypuszczalnie było to efektem zwiększonej zawartości głównych makroskładników (N, P, K i Mg) w podłożu torfowym wynikającej z jego fortyfikacji obornikiem końskim zawierającym w swoim składzie wymienione pierwiastki o wartości nawozowej.

Zastosowane nawożenie organiczne skutkowało uzyskaniem surowca zielarskiego bazylii pospolitej o znacznie wyższej zawartości związków bioaktywnych od surowca pozyskanego z bazylii nawożonej mineralnie. Wytworzony susz z roślin bazylii odmiany *Violetto* nawożonej organicznie charakteryzował się wyższą o 90,7% zawartością polifenoli ogółem oraz wyższym o 149,2% potencjałem antyoksydacyjnym (metoda ABTS) w porównaniu do suszu uzyskanego z roślin wyprodukowanych z zastosowaniem nawożenia mineralnego. Podobne efekty odnotowano w przypadku odmiany *Genovese*. Przypuszczalnie było to efektem elicytacji związanej z zastosowaniem do nawożenia ekstraktu z pokrzywy zwyczajnej, mającej potencjalny charakter elicytora. Elicytacja wywołała reakcję obronną rośliny przez co aktywowany został szereg procesów biochemicznych prowadzących do powstania wielu grup metabolitów wtórnych, w tym m.in. polifenoli. Bazylia nawożona organicznie zawierała także zwiększoną zawartość eukaliptolu w fazie nadpowierzchniowej, co determinowało intensywniejszy zapach tego surowca. Szczególnie jest to widoczne w przypadku bazylii odmiany *Genovese* uprawianej z zastosowaniem tego nawożenia, gdzie jest on związkiem dominującym i występuje w fazie nadpowierzchniowej w ilości 32,3%. Natomiast w przypadku suszu z bazylii nawożonej mineralnie dominującym związkiem był eter metylowy eugenolu, który jest związkiem o niższej lotności od eukaliptolu, co tłumaczy stwierdzoną, niższą intensywność zapachu.

Zastosowanie nawożenia organicznego zawierającego komponenty o charakterze elicytora w uprawie *Ocimum basilicum* L. przyczynia się do pozyskania surowca przeznaczonego do suszenia o wyższym potencjale bioaktywnym oraz lepszych walorach organoleptycznych.

Opracowane schematy nawożenia stosowane w produkcji bazylii pospolitej przetestowałam również w produkcji *Origanum vulgare* L. [P5]. Zastosowałam te same podłoża, schematy nawożenia, warunki uprawy oraz metodę utrwalania. Doświadczenie przeprowadziłam na dwóch odmianach oregano: *Aureum* i *Hot & Spicy*.

Aplikacja opracowanego nawożenia organicznego w produkcji ziela oregano skutkowała pozyskaniem surowca zielarskiego o podwyższonej zawartości związków bioaktywnych oraz intensywniejszym zapachu uzyskanych finalnie suszy. Zastosowanie podłoża torfowego fortyfikowanego ekstraktem z pokrzywy zwyczajnej oraz obornikiem końskim w połączeniu z nawożeniem organicznym nawozem Bioilsa N 12,5 jest skuteczną i efektywną metodą produkcji surowca zielarskiego oregano. Wykazano, że zastosowanie organicznego nawożenia pozwala na uzyskanie wysokich plonów ziela oregano, którego suszenie metodą łączoną (CPD-VMFD) warunkuje uzyskanie produktów zielarskich o podwyższonej zawartości związków bioaktywnych oraz pożądanych przez konsumentów walorach wizualnych i zapachowych. Szczególnie zauważalny jest wzrost potencjału antyoksydacyjnego oraz zawartości polifenoli. Wytworzony susz z oregano odmiany *Aureum*, produkowanego z zastosowaniem nawożenia organicznego odznaczał się wyższą o 88,4% zawartością polifenoli ogółem oraz wyższym o 12,8% (metoda DPPH) i 9,0% (metoda ABTS) potencjałem antyoksydacyjnym od suszu pozyskanego z oregano nawożonego mineralnie. Podobne efekty zaobserwowano w przypadku drugiej odmiany oregano. Najprawdopodobniej jest to efekt elicytacji związanej z zastosowaniem do nawożenia organicznego ekstraktu z pokrzywy zwyczajnej. Uzyskane susze liści oregano obu odmian nawożonych organicznie charakteryzowały się także intensywniejszym kolorem zielonym, który wynikał prawdopodobnie z większej zawartości chlorofilu w liściach oregano nawożonego organicznie w porównaniu do surowca wyprodukowanego z zastosowaniem nawożenia mineralnego. Przypuszczalnie było to efektem ponad 4-krotnie wyższej zawartości magnezu w podłożu wykorzystanym do organicznej produkcji oregano.

Zwiększona zawartość magnezu w podłożu zapewniła roślinom odpowiednie warunki do syntezy chlorofilu, którego centralny atom stanowi magnez. Stwierdzono również znaczne różnice w ilości karwakrolu w frakcji lotnej badanych suszy oregano, co tłumaczy intensywniejszy i bardziej atrakcyjny zapach uzyskanego finalnie produktu zielarskiego. Wyprodukowany surowiec *Origanum vulgare* L. z zastosowaniem opracowanego nawożenia organicznego może stanowić cenny surowiec do wytwarzania produktów zielarskich (suszy), jak również bogaty w związki bioaktywne produkt do bezpośredniego spożycia.

Skuteczność stosowanego nawożenia w przypadku produkcji bazylii pospolitej oregano potwierdziłam także w produkcji kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.) i lubczyku ogrodowego (*Levisticum officinale*) [P1]. Uzyskany surowiec zielarski wyprodukowany w doświadczeniu wazonowym z zastosowaniem opracowanego nawożenia organicznego i mineralnego poddałam procesowi suszenia kombinowanego, polegającego na wstępnym suszeniu konwekcyjnym (CPD), a następnie dosuszaniu mikrofalowo-próżniowemu (VMFD). Jakość wyprodukowanego suszu oceniono metodami chemicznymi wyznaczając profil związków lotnych (HS-SPME), zawartość polifenoli ogółem, potencjał antyoksydacyjny (ABTS, DPPH) oraz oceniając barwę w systemie CIE $L^*a^*b^*$. Wykazano, że stosowanie organicznego nawożenia zwiększa zawartość wtórnych metabolitów w wyprodukowanych suszach lubczyku ogrodowego i kolendry siewnej. Zawartość polifenoli wzrosła odpowiednio o 38,8 i 21,6% w porównaniu do zawartości odnotowanej w suszach uzyskanych z surowca nawożonego mineralnie. Podobne zależności zaobserwowano w przypadku potencjału antyoksydacyjnego, który wzrósł o 4,1% (ABTS, kolendra siewna) i 6,4% (ABTS, lubczyk ogrodowy) oraz o 43,5% (DPPH, kolendra siewna) i o 27,8% (DPPH, lubczyk ogrodowy) w odniesieniu do potencjału antyoksydacyjnego odnotowanego dla suszu kolendry siewnej i lubczyku ogrodowego nawożonych mineralnie. Wzrost zawartości tych składników spowodowany był prawdopodobnie efektem elicytacji. Potencjalnym elicytorem był zastosowany w nawożeniu organicznym ekstrakt z pokrzywy zwyczajnej o znanym i udowodnionym działaniu, które skutkuje także zmianami zawartości barwników kształtujących barwę produkowanych suszy. Susze pozyskane z surowców nawożonych organicznie odznaczały się intensywniejszą barwą z większym udziałem barwy zielonej (parametr a^*), co świadczy o wyższej jakości

produkowanych roślin. Jakość ta uzależniona była od kondycji roślin w trakcie ich produkcji. Przeprowadzona analiza frakcji lotnej (HS-SPME) wyprodukowanych suszy wykazała, że zastosowane nawożenie organiczne w produkcji lubczyku i kolendry wpłynęło na ich intensywniejszy zapach. W suszu kolendry siewnej wytworzonym z roślin uprawianych z zastosowaniem nawożenia organicznego odnotowano znaczne zawartości związków o wysokiej lotności, takich jak: karwakrol i octan terpinylu. Wysoka zawartość wymienionych związków przekłada się na ich wysoką prężność, a tym samym na bezpośrednie odczucia zapachowe. Podobne zależności odnotowano w przypadku lubczyku ogrodowego. Skład analizy frakcji lotnej suszu lubczyku wykazał, że zastosowane nawożenie organiczne skutkowało wzrostem o 49% ilości cynemu. Pobieżna analiza sensoryczna wykazała, że surowiec ten odznaczał się dużo intensywniejszym zapachem od suszu lubczyku ogrodowego wytworzonego z roślin nawożonych mineralnie. Poczynione obserwacje i analizy HS-SPME wykazały, że ziele lubczyku i kolendry produkowane z zastosowaniem nawożenia organicznego charakteryzuje się lepszymi walorami zapachowymi, przekładającymi się na wyższą jakość konsumencką finalnego produktu (suszu).

Ozon jest wysokoreaktywną, alotropową odmianą tlenu. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym znany i dobrze opisany jest jego negatywny wpływ występowania w troposferze na produkcję roślinną. Chroniczna ekspozycja roślin na działanie ozonu skutkuje obniżeniem plonu, a w niektórych przypadkach uszkodzeniem, czy nawet zamieraniem roślin. Ozon jednak znalazł szerokie zastosowanie jako czynnik odkażający, o kilkaset razy wyższej aktywności od chloru. Stosuje się go powszechnie w technologii oczyszczania wody, czy do odkażania pomieszczeń. W ostatnich latach wykorzystuje się coraz więcej metod utrwalania żywności poprzez zastosowanie ozonu. Jest to związane z regulacjami prawnymi dopuszczającymi przez FDA (Agencja ds. Żywności i Leków) jego użycie do kontaktu z żywnością. Ugruntowana w świadomości badawczy fitotoksyczność gazowego ozonu ograniczała badania dotyczące stosowania tego gazu w produkcji roślinnej. Potencjalnie jego aktywność może być użyta jako alternatywny środek ochrony roślin, szczególnie przed chorobami grzybowymi lub bakteriozami. Jednakże należy go stosować w innych stężeniach niż występuje on w troposferze. Prowadzone na Uniwersytecie Rzeszowskim badania wykazały wysoką skuteczność

stosowania ozonowania w krótkim czasie, relatywnie wysokimi stężeniami do utrwalania owoców miękkich. Wykazano, że owce te nie tylko lepiej się przechowywały ale zawierały wyższe ilości wybranych związków bioaktywnych. W moich pracach podjęłam próbę zastosowania tej taktyki ozonowania do produkcji roślin zielarskich o podwyższonych parametrach jakościowych.

Jako roślinę modelową zaproponowałam majeranek *Origanum majorana* L. [P3]. Rośliny majeranku po szczęściu tygodniach od siewu poddałam procesowi fumigacji gazowym ozonem. Badania rozpocząłam od wyznaczenia poziomu fitotoksyczności. W tym celu rośliny majeranku poddałam ozonowaniu stosując skokowe dawki ozonu. Zastosowałam stężenie 1, 3, 5 i 10 ppm przez 1, 3, 5, 7 i 10 min. Bazując na tym doświadczeniu zaproponowałam schemat eksperymentu. Doniczki z roślinami majeranku (30 szt.) umieściłam w komorze ozonowania, z którą bezpośrednio połączony był generator ozonu Ozone Solution TS 30. Stężenie ozonu kontrolowałam za pomocą czujnika 106 M UV- Ozone Solution. Następnie rośliny wystawiłam na działanie gazowego ozonu o stężeniu 1 ppm przez 1, 3, 5, 7 i 10 minut, przy natężeniu przepływu $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ozonu. Proces ozonowania przeprowadziłam w 3 powtórzeniach technologicznych. Po przeprowadzonym procesie fumigacji gazowym ozonem rośliny majeranku umieściłam ponownie w szklarni w temperaturze 25°C , utrzymując wilgotność podłoża na poziomie 50% pojemności polowej wodnej. Kolejno w 1 i 5 dni po wykonanym zabiegu z każdego wariantu doświadczenia (czas ozonowania) pobrałam połowę roślin z których dokonałam zbioru biomasy nadziemnej. Następnie uzyskany surowiec liści majeranku poddałam analizom pod kątem obciążenia mikrobiologicznego oraz zawartości polifenoli ogółem i potencjału antyoksydacyjnego.

Zastosowany proces fumigacji gazowym ozonem skutkował zmniejszeniem obciążenia mikrobiologicznego roślin majeranku w 1 i 5 dniu od przeprowadzonego zabiegu. Najlepsze efekty osiągnięto przy prowadzeniu procesu ozonowania roślin majeranku przez 10 minut. Liczba oznaczonych bakterii tlenowych dla tego czasu ozonowania w 1 i 5 dniu po zabiegu zredukowała się o 3 i 2 $\log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ w odniesieniu do kontroli (brak ozonowania). Podobne efekty odnotowano w piątym dniu po procesie ozonowania. Spadek liczby oznaczonych bakterii tlenowych w ozonowanych roślinach majeranku był efektem przeciwbakteryjnego działania ozonu wynikającego z jego zdolności do utleniania. Zastosowanie procesu ozonowania roślin majeranku wpłynęło także na obniżenie liczby drożdży i pleśni na

powierzchni surowca, których średnia liczba w materiale roślinnym waha się między 10^1 - 10^3 jednostek tworzących kolonie na 1 gram. Zarówno w 1 jak i 5 dniu po zabiegu ozonowania najlepsze efekty odnotowano przy prowadzeniu procesu przez 10 minut. Liczba drożdży i pleśni przy tym czasie ozonowania zredukowała się w obu terminach pomiaru o $2 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ w odniesieniu do kontroli. Zastosowany schemat ozonowania, niezależnie od czasu prowadzenia procesu skutkowało również redukcją mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej do liczby poniżej granicy oznaczalności.

Fumigacja gazowym ozonem roślin majeranku skutkowało również zmianą równowagi biochemicznej roślin poprzez wpływ na zawartość związków bioaktywnych. Zaobserwowano wzrost związków z grupy antyoksydantów, w tym głównie polifenoli. Wzrost zawartości tych związków skutkowało wzrostem potencjału antyoksydacyjnego mierzonego wskaźnikami ABTS i DPPH. Największy wzrost potencjału antyoksydacyjnego, mierzonego po 1 dniu od wykonanego zabiegu stwierdzono w przypadku roślin majeranku poddanych procesowi ozonowania przez 3 minuty. Wzrost ten wynosił 14,9% (ABTS) i 68,3% (DPPH). Natomiast w 5 dniu po zabiegu ozonowania tylko dłuższe czasy ekspozycji wynoszące 7 i 10 minut przełożyły się na wzrost potencjału antyoksydacyjnego roślin majeranku w porównaniu do roślin kontrolnych. Prawdopodobnie było to efektem przenikania ozonu przez otwarte aparaty szparkowe roślin majeranku i reakcją ze składnikami kanałów jonowych i wapniowych błony plazmatycznej. W wyniku reakcji tej prawdopodobnie doszło do penetracji błon komórkowych co wywołało wzmożoną produkcję reaktywnych form tlenu (RFT) oraz niektórych enzymów, takich jak dysmutaza ponadtlenkowa i peroksydaza.

Przeprowadzony proces ozonowania roślin majeranku wpłynął również na zmianę profilu związków zapachowych. W pierwszym dniu po przeprowadzonym procesie ozonowania zaobserwowano korelację zawartości sabinenu z czasem ekspozycji roślin na działanie ozonu. Związek ten jest typowym przykładem monoterpenu o wysokiej lotności, czyli przypuszczalnie determinuje on odczuwalny zapach, wpływając bezpośrednio na jakość finalną surowca. Jego wzmożona biosynteza związana jest z ogólną aktywacją aparatu enzymatycznego w roślinach majeranku. Jako typowy monoterpren syntezowany jest zgodnie z regułą izoprenową poprzez kondensację z prekursorów, takich jak difosforan izopentenyli (IPP) z difosforanem dimetyloallilu (DMAPP). Z prekursorów tych powstają liniowe

monoterpeny, które pod wpływem różnych reakcji cyklizują. Cyklizację tą mogą wspierać reakcje rodnikowe wywoływane przez RTF. Równocześnie zaobserwowano zmniejszenie zawartości tlenowych pochodnych, takich jak 1-terpinenol. Tlenowe pochodne powstają głównie w procesie metabolizmu węglowodorów. Przypuszczalnie więc metabolizm ten był ograniczony poprzez zakłócenie równowagi biochemicznej ozonowanych roślin. Tezę tą potwierdza obserwowany w piątym dniu po zabiegu skład związków zapachowych. W dniu tym zatarły się różnice w składach fazy lotnej roślin poddanych procesowi ozonowania i z kontroli. Rośliny po tym czasie wróciły do stanu równowagi biochemicznej z przed procesu ozonowania. Przypuszczalnie aktywność enzymatyczna została wyrównywana pomiędzy próbami, w konsekwencji czego biosynteza związków zapachowych była taka sama w próbie kontrolnej jak i ozonowanych. Jest to istotne z punktu widzenia produkcji roślinnej, gdyż rośliny poddane ozonowaniu powinny być przeznaczone do przetwarzania lub sprzedaży najpóźniej w dniu 5, ponieważ po tym czasie tracą swoje właściwości związane z procesem elicytacji.

Przeprowadzony proces fumigacji roślin *Origanum majorana* L. gazowym ozonem wpłynął tylko pozytywnie na produkowany surowiec zielarski, głównie poprzez zwiększenie jego bezpieczeństwa mikrobiologicznego. Ponadto uzyskany surowiec charakteryzował się zwiększoną zawartością związków bioaktywnych, szczególnie antyoksydantów. Odnotowano także intensywniejszy zapach fumigowanego surowca spowodowany zmianą profilu związków zapachowych.

Ozon może powodować również inne zmiany w roślinach, głównie wynikające z oddziaływania tego gazu na aparaty wymiany gazowej. Wpływ ten wykazałam na roślinach szczawiu krwistego (*Rumex sanguineus* ssp. *sanguineus*) cechujących się stosunkowo dużą powierzchnią blaszki liściowej w porównaniu do innych roślin zielarskich [P4]. Rośliny szczawiu krwistego w 6 tygodniu od siewu poddałam procesowi fumigacji gazowym ozonem. Badania poprzedziłam wyznaczeniem poziomu fitotoksyczności, na podstawie którego wykazałam, że proces ozonowania nie powinien być prowadzony stężeniem wyższym niż 1 ppm. Po przekroczeniu krytycznych warunków procesu ozonowania, po 24 godzinach obserwowano występowanie nekroz i utratę turgoru roślin szczawiu krwistego, a po dłuższym czasie ich zamieranie.

W doświadczeniu zastosowałam stężenie 1 ppm przez 1, 3, 5, 7 i 10 min. Po przeprowadzonym zabiegu fumigacji rośliny umieszczałam ponownie w szklarni w temperaturze 25°C, utrzymując wilgotność podłoża na poziomie 50% pojemności polowej wodnej. Następnie w 1, 4 i 8 dniu po wykonanym procesie ozonowania przeprowadziłam pomiary wybranych parametrów fizjologicznych roślin. Po przeprowadzeniu pomiarów fizjologicznych w terminach tych z każdego wariantu doświadczenia (czas ozonowania) pobrałam po 5 prób, z których dokonałam zbioru biomasy nadziemnej. Kolejno, uzyskany surowiec liści szczawiu krwistego poddano analizom chemicznym pod kątem zawartości witaminy C, polefenoli ogółem oraz potencjału antyoksydacyjnego.

Główny wpływ zastosowanego zabiegu fumigacji gazowym ozonem roślin szczawiu krwistego wykazano na względną zawartość chlorofilu (SPAD), parametry jego fluorescencji oraz parametry wymiany gazowej. Najczęstszym objawem porażenia ozonem jest występowanie nekroz. Przeprowadzone pomiary i obserwacje w 1, 4 i 8 dniu po wykonanym zabiegu nie wykazały istotnego spadku względnej zawartości chlorofilu (SPAD) u roślin poddanych fumigacji gazowym ozonem w zaproponowanych warunkach. Należy również zaznaczyć, że w kolejnym dniu po wykonanym zabiegu fumigacji roślin szczawiu krwistego gazowym ozonem odnotowano nieznaczny wzrost względnej zawartości chlorofilu w liściach roślin eksponowanych na działanie ozonu o stężeniu 1 ppm przez 1, 3, 5 i 10 min w porównaniu do wartości tego parametru odnotowanych na roślinach z wariantu kontrolnego (nieozonowanych). Wzrost ten wynosił odpowiednio: 3,4%, 2,5%, 3,4% i 2,7%.

Zastosowany w procesie fumigacji roślin szczawiu krwistego gazowy ozon nieznacznie wpłynął na zmianę parametrów fluorescencji chlorofilu. Zarejestrowane wartości maksymalnej fotochemicznej wydajności PSII (F_v/F_m) w liściach szczawiu zmieniały się w czasie (1, 4 i 8 dni po ozonowaniu) w zależności od czasu ekspozycji roślin na stężenie ozonu. W kolejnym dniu (1 dzień) po wykonanym procesie ozonowania zaobserwowano nieznaczny wzrost wartości PSII u roślin eksponowanych na działanie ozonu przez wszystkie testowane czasy, za wyjątkiem najdłuższej 10 minutowej ekspozycji. Wzrost ten jednak nie był istotny, a odnotowane wartości F_v/F_m były zbliżone do wartości tego parametru u większości gatunków roślin naczyniowych (około 0,832 jednostki względnej). Natomiast w kolejnych dwóch terminach pomiarów (4 i 8 dni po procesie ozonowania)

zaobserwowano spadek wartości F_v/F_m poniżej wartości 0,832 u roślin z wszystkich obiektów eksperymentu, jednakże wartości te dla ozonowanych roślin szczawiu były nieznacznie wyższe od kontroli. Spadek wartości F_v/F_m w terminach tych potencjalnie mógł wynikać, ze standardowych zmian fizjologii roślin. Analogiczny wpływ testowanego czasu (1, 3, 5, 7 i 10 min) ekspozycji roślin szczawiu na działanie ozonu zaobserwowano w przypadku pomiaru maksymalnej efektywności reakcji rozkładu wody PSII (F_v/F_0). Zaproponowany schemat doświadczenia nie spowodował potencjalnie przewidywanego spadku mierzonych parametrów PSII (F_v/F_m , F_v/F_0). Wynikało to prawdopodobnie z okresowej ekspozycji roślin na działanie gazowego ozonu, w wyniku czego ich reakcja w porównaniu do chronicznej ekspozycji na ozon środowiskowy odznaczała się zupełnie innym mechanizmem odpowiedzi. Określono także wpływ testowanych czasów ekspozycji roślin na działanie ozonu na wskaźnik PI (wskaźnik wydajności), który opisuje efektywną ilość energii przetworzoną przez PSII. Zaobserwowano różnicę wartości PI w zależności od czasu fumigacji roślin szczawiu gazowym ozonem o stężeniu 1 ppm. Pierwszego dnia po wykonanej fumigacji odnotowano nieznaczny wzrost PI dla wszystkich testowanych czasów ekspozycji. Jednakże już w kolejnych terminach pomiarów (4 i 8 dni po zabiegu) wartość PI malała dla wszystkich obiektów doświadczenia. Spadek ten jednak nie był istotny.

Gazowy ozon poprzez uszkodzenia tkanek asymilacyjnych może powodować upośledzenia aparatu fotosyntetycznego, którego wydajność można ocenić poprzez pomiar wybranych parametrów wymiany gazowej. Brak równowagi w procesie wymiany gazowej spowodowany jest przez spadek energii absorbera i prowadzi do powstania reaktywnych form tlenu w chloroplastach. Określono intensywność fotosyntezy netto (PN), której wartości były uzależnione od terminu pomiaru, jak również czasu ekspozycji roślin szczawiu na działanie ozonu o stężeniu 1 ppm. W kolejnym dniu po wykonanym zabiegu fumigacji roślin ozonem odnotowano wzrost wartości PN dla wszystkich testowanych czasów ekspozycji w porównaniu do kontroli. Najwyższy wzrost odnotowano dla czasu ozonowania wynoszącego 10 min i wynosił on ponad 37% w porównaniu do kontroli. W drugim terminie pomiarów (4 dni po zabiegu) zaobserwowano nieistotny spadek PN dla ekspozycji 1 (4,1%), 5 (2,6%) i 7 min (16,0%). Nieznaczny spadek tego parametru odnotowano także w 8 dniu po ozonowaniu dla czasu ekspozycji wynoszącej 5 (0,4%) i 7 min (0,9%). Początkowy wzrost PN w wymienionych terminach pomiarów był

prawdopodobnie odpowiedzią roślin na stres związany z ozonem. Jednakże najprawdopodobniej nie wywołał on mechanizmu polegającego na zamykaniu aparatów szparkowych i syntezie karotenoidów oraz flawonoidów, gdyż nie zaobserwowano żadnych zmian nekrotycznych na liściach. Poprzez otwarte aparaty szparkowe najprawdopodobniej doszło do wniknięcia ozonu, co wywołało zaobserwowany efekt obronny, polegający na aktywacji fotosyntezy. Zwiększona ilość energii pozwoliła przypuszczalnie uruchomić inne procesy metaboliczne, szczególnie te generujące wtórne metabolity o charakterze antyoksydantów. Natomiast szybko zaobserwowany spadek PN w kolejnych terminach pomiarów świadczył o powrocie rośliny do stanu równowagi. Zastosowany schemat eksperymentu, wykazał także, że zaproponowane czasy ekspozycji roślin na działania ozonu nie wpływają znacząco na natężenie transpiracji (E). W pierwszych dwóch terminach pomiarów (1 i 4 dni po fumigacji) zaobserwowano wzrost wartości E wraz ze wzrostem czasu prowadzenia zabiegu ozonowania w porównaniu do kontroli (brak ozonu). Najwyższy wzrost tego parametru odnotowano 4 dnia po zabiegu u roślin poddanych ozonowaniu przez 10 min i wynosił on 61,9% w porównaniu do wartości odnotowanych u roślin z kontroli (nieozonowanych). Natomiast po 8 dniach odnotowano spadek wartości parametru E dla roślin ozonowanych w odniesieniu do roślin szczawiu krwistego z kontroli, jednakże spadek ten nie był istotny. Stwierdzono, że fumigacja roślin zaproponowanym stężeniem ozonu (1ppm) okresowo przez czas od 1 do 10 min w przeciwieństwie do chronicznego działania, nawet znacznie mniejszych dawek ozonu nie wpływa istotnie na zaburzenie procesu fotosyntezy poprzez spadek fotosyntezy netto i zmniejszenie transpiracji.

Zastosowany w sposób kontrolowany proces fumigacji gazowym ozonem roślin szczawiu krwistego wpłynął na ich wartość biologiczną poprzez zwiększanie akumulacji związków bioaktywnych, w tym poziomu antyoksydantów. Najkorzystniejszy efekt zaobserwowano po 4 dniach od fumigacji ozonem, w szczawiu ozonowanym przez 1 min. Wówczas zaobserwowana zmiana aktywności antyoksydacyjnej roślin szczawiu zwiększyła się o 36,1% (metoda ABTS) - 41,6% (metoda DPPH) w stosunku do aktywności antyoksydacyjnej roślin z próby kontrolnej. Analogiczną zależność stwierdzono w przypadku związków polifenolowych, których poziom zwiększył się po tym czasie o ok. 31%. Wzrost aktywności antyoksydacyjnej zauważono także w szczawiu ozonowanym przez

1 min po 8 dniach od wykonanego zabiegu fumigacji oraz szczawiu ozonowanym przez 10 min po 1 dniu od zabiegu.

Zastosowany w procesie produkcji roślin szczawiu krwistego *Rumex sanguineus* ssp. *sanguineus* proces ozonowania, jako końcowy zabieg agrotechniczny nie spowodował spadku parametrów fizjologicznych roślin oraz wystąpienia widocznych uszkodzeń liści. Odpowiednio dobrane warunki procesu ozonowania przyczyniły się natomiast do wystąpienia odpowiedzi metabolicznej w wyniku, której uzyskano surowiec roślinny o podwyższonej zawartości związków bioaktywnych.

Oddziaływanie ozonu wykazałam również na inne surowce zielarskie do których należą młode pędy sosny *Pinus sylvestris* L. [P2]. Zebrane, świeże pędy sosny zachowują cechy żywych roślin, dzięki czemu można modyfikować i polepszyć ich skład stosując zabieg ozonowania. Wykazałam, że stosując zdywersyfikowane dawki gazowego ozonu o stężeniu 10 i 100 ppm w znacznym stopniu można modyfikować potencjał antyoksydacyjny, zawartość witaminy C i polifenoli ogółem w tym cennym surowcu zielarskim. Najlepsze efekty osiągnęłam stosując ozonowanie strumieniem gazowego ozonu o stężeniu 10 ppm w czasie 15 min. Spowodowało to wzrost aktywności antyoksydacyjnej ozonowanych, młodych pędów sosny o 70,3% (ABTS) i 56,8% (DPPH) w odniesieniu do aktywności antyoksydacyjnej odnotowanej w próbie kontrolnej (nieozonowanej). Zawartość polifenoli ogółem w ozonowanym surowcu wzrosła o 31,5%, a witaminy C o 25,4% w porównaniu do zawartości w surowcu z próby kontrolnej (nieozonowanej). Surowiec ten zawiera dużą ilość związków labilnych w obecności ozonu. Najbardziej podatne na ozonowanie są nienasycone węglowodory z grupy terpenów, składniki olejku eterycznego będącego głównym komponentem jakościowym tego surowca. Wykazano nieznaczny wzrost wydajności olejków eterycznych wyizolowanych z ozonowanego surowca. Natomiast nie odnotowano istotnych różnic w jego składzie. Ponadto przeprowadzona analiza frakcji lotnej (HS-SPME) ozonowych pędów sosny nie wykazała istotnych różnic, co świadczy o braku wpływu procesu ozonowania na zapach tego surowca.

Wykazałam, że gazowy ozon wpłynął na zawartość związków bioaktywnych poprzez indukowanie stresu oksydacyjnego. Jest to typowa odpowiedź roślin na

obecność tego abiotycznego czynnika, stosowanego w odpowiednich (stymulujących) stężeniach.

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonych prac naukowych stwierdziłam, że opracowany schemat poprawy jakości młodych pędów sosny cechuje się wysokim potencjałem komercjalizacyjnym. Przed publikacją wyników badań w czasopiśmie naukowym, zgłoszono w Urzędzie Patentowym RP zgłoszenie wynalazku pt. „*Sposób otrzymywania surowca z młodych pędów sosny, produkt o podwyższonej wartości farmaceutycznej i jego zastosowanie*” (zgłoszenie patentowe nr P.434648), którego jestem pomysłodawcą i głównym autorem.

Wytwarzanie większości surowców zielarskich wiąże się z sezonowością, przez co stwarza konieczność ich utrwalania. Jedną z najpopularniejszych metod utrwalania ziół jest proces suszenia, który hamuje rozwój mikroorganizmów i niektóre przemiany biochemiczne, jednakże może jednocześnie wpływać negatywnie na jakość finalnego produktu w wyniku utlenienia związków bioaktywnie czynnych. Zmiany w wyglądzie i zapachu często wskazują lub towarzyszą częściowej lub całkowitej utracie związków bioaktywnych, które decydują o właściwościach przeciwutleniających produkowanych suszy.

Do utrwalenia liści czystka kretańskiego *Cistus creticus* zaproponowałam metodę suszenia konwekcyjnego (CD), mikrofalowo-próżniowego (VMD) oraz łączonego (CPD-VMFD) [P9]. Suszenie konwekcyjne liści czystka kretańskiego przeprowadzono w trzech temperaturach czynnika suszącego: 40, 50 i 60°C. Suszenie mikrofalowo-próżniowe (VMD 240 W) przeprowadzono przy mocy mikrofal wynoszącej 240 W. Natomiast suszenie łączone (CPD 50°C-VMFD 240 W) polegało na wstępnym suszeniu konwekcyjnym w temperaturze 50°C i końcowym dosuszeniu próżniowo-mikrofalowym (moc mikrofal 240 W). Pozyskane susze liści czystka kretańskiego poddano analizom laboratoryjnym w celu określenia całkowitej zawartości polifenoli i właściwości przeciwutleniających metodą DPPH i ABTS oraz pomiaru barwy.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że suszenie mikrofalowo-próżniowe i konwekcyjne w temperaturze 40°C skutkowało wytworzeniem suszu liści czystka kretańskiego o najwyższym potencjale bioaktywnym, przy odpowiednio najniższych i najwyższych wartościach końcowego, jednostkowego zużycia energii. Najwyższą zawartość polifenoli ogółem odnotowano w surowcu suszonym metodą VMD 240 W. Zawartość ta była wyższa o ponad 88% w odniesieniu do najniższej zawartości

tych związków odnotowanej dla suszu uzyskanego w wyniku suszenia CD w temperaturze 60°C. Jednocześnie zastosowanie tej metody charakteryzowało się najmniejszym zużyciem energii wynoszącym 16,33 kJ·g⁻¹ wody. Podobne efekty uzyskano w przypadku zastosowania suszenia CD w temperaturze 40°C, jednakże metoda ta była znacznie bardziej energochłonna (134,61 kJ·g⁻¹ wody). Suszenie przy użyciu metody CD 40°C przyczyniło się także do uzyskania suszu o najwyższym potencjale antyoksydacyjnym mierzonym metodą ABTS i DPPH. Najniższy potencjał bioaktywny stwierdzono w produkcie suszonym w 60°C, co można przypisać możliwej degradacji lub zmianom struktur polifenoli w wysokich temperaturach. Zmiany te zostały potwierdzone parametrami pomiaru barwy. Podczas obróbki łączonej (CPD 50°C-VMFD 240 W) większość wilgoci została skutecznie usunięta z surowca przez CPD, a czas suszenia został znacznie skrócony dzięki zastosowaniu VMFD. Suszenie kombinowane CPD-VMFD jest najbardziej odpowiednie do zastosowań przemysłowych, ponieważ wytwarza susze roślinne o potencjale bioaktywnym, który jest tylko nieznacznie niższy niż w przypadku VMD, zapewniając jednocześnie wysoką przepustowość w stosunku do kosztów operacyjnych.

Utrwalenie surowców zielarskich przy użyciu procesu suszenia może wpływać nie tylko na zawartość związków bioaktywnych, ale także powodować zmiany w ich profilu.

Zastosowane do suszenia liści *Cistus creticus* L. metody zweryfikowałam pod kątem ich wpływu na zmianę profilu polifenoli oraz profilu lotnych związków zapachowych odpowiedzialnych za zapach uzyskanego suszu [P6].

Profil polifenoli w badanym suszu oznaczono przy użyciu chromatografu cieczowego sprzężonego ze spektrometrem mas (UPLC-PDA-Q/TOF-MS). Zawartość związków zapachowych w suszu określono metodą mikroekstrakcji do fazy stałej z fazy nadpowierzchniowej (HS-SPME) przy użyciu chromatografii gazowej (GC). W suszonym ziele czystka zidentyfikowano 37 polifenoli. Największą zawartość polifenoli wynoszącą 2771,74 mg·100 g⁻¹ sm. odnotowano w próbkach suszonych metodą łączoną CPD/VMFD, polegającą na wstępnym podsuszeniu konwekcyjnym (CPD) w temperaturze 50°C, a następnie dosuszeniu mikrofalowo próżniowym (VMFD, 240 W). Niższe zawartości polifenoli odnotowano w liściach czystka suszonego konwekcyjnie. Zawartość ta była

uzależniona od temperatury czynnika suszącego. Najwyższą zawartością polifenoli, zbliżoną do suszenia kombinowanego odznaczał się susz wytworzony metodą konwekcyjną w temperaturze 40°C. Natomiast przy zastosowaniu wyższych temperatur czynnika suszącego w tej metodzie obserwowano degradację polifenoli, których zawartość w suszu wytworzonym w temperaturze 50°C była niższa o 40,6 mg·100 g⁻¹ sm, a w suszonych liściach czystka w temperaturze 60°C niższa o 66,4 mg·100 g⁻¹ sm. w porównaniu do surowca wytworzonego podczas suszenia konwekcyjnego w temperaturze 40°C.

Czystek suszony tą metodą oznaczał się także zachowaniem dużej ilości związków zapachowych, w tym głównie eugenolu, tymolu i karwakrolu, które wpływają na jego właściwości antyseptyczne. Największą ilość karwakrolu (62,66%) odpowiedzialnego za zapach suszonego surowca odnotowano w suszu pozyskanym podczas suszenia konwekcyjnego w temperaturze 50°C. Nieznacznie niższą zawartość tego składnika wynoszącą 61,9% odnotowano w przypadku liści *C. creticus* L. suszonego metodą kombinowaną.

Wykazano, że suszenie kombinowane CPD-VMFD pozwala zachować najwyższą zawartość związków bioaktywnych i najintensywniejszy zapach, a co za tym idzie produkować susz o najwyższych parametrach jakościowych. Pomimo niższej zawartości związków bioaktywnych w pozostałych próbkach suszu czystka w porównaniu do suszu uzyskanego metodą CPD/VMFD, wszystkie formy można potencjalnie zastosować w żywności funkcjonalnej lub preparatach farmaceutycznych, gdyż pomimo zastosowanego procesu suszenia w surowcu zachowały się związki zapachowe, które zwiększają atrakcyjność sensoryczną finalnego produktu zielarskiego.

Kolejne przeprowadzone przeze mnie badania dotyczyły wpływu temperatury suszenia konwekcyjnego (CD) na jakość suszonych pędów sosny (*Pinus sylvestris* L.) [P7] stanowiących cenny surowiec zielarski oraz na jakość i wydajność izolowanego z nich olejku eterycznego. Zastosowałam temperaturę czynnika suszącego wynoszącą 40, 50 i 60°C. Uzyskany susz młodych pędów sosny poddano analizom chemicznym w celu weryfikacji podstawowych cech jakościowych: zawartości polifenoli ogółem i witaminy C oraz potencjał antyoksydacyjny (ABTS, DPPH). Z pozyskanego suszu metodą hydrodestylacji izolowano olejek eteryczny,

którego skład analizowano metodą chromatografii gazowej (GC-MS). Ponadto określono skład frakcji lotnej suszonych pędów sosny metodą HS-SPME.

Najwyższą aktywność substancji bioaktywnych odnotowano dla suszu pozyskanego w temperaturze 40°C. Związki bioaktywne, takie jak witamina C są labilne termicznie i wraz ze wzrostem temperatury czynnika suszącego ulegały degradacji. Podobne zależności zaobserwowano dla polifenoli i całkowitego potencjału antyoksydacyjnego. Silną korelację między zawartością związków bioaktywnych, a temperaturą suszenia potwierdzono wartością współczynnika Pearsona.

Pędy sosny są znanym surowcem zawierającym olejki eteryczne. Związki te są szczególnie wrażliwe na działanie temperatury. Wykazano, że wydajność olejku eterycznego pozyskanego z suszonych pędów sosny wytworzonych podczas suszenia konwekcyjnego w temperaturze 40°C była najwyższa i wynosiła 0,63 ml·100g⁻¹ sm. W przypadku zastosowania najwyższej temperatury suszenia tego surowca (60°C) wydajność wyizolowanego olejku była o 77,8% niższa od wydajności olejku eterycznego pozyskanego z surowca suszonego w temperaturze 40°C.

Terpeny, to związki o niewysokich temperaturach wrzenia. Temperatura suszenia może znacząco wpływać nie tylko na wydajność ale także skład izolowanego olejku eterycznego. Stwierdzono, że zmiany w składzie olejków eterycznych odzwierciedlają utratę związków o niższej temperaturze wrzenia odpowiadającej wyższej temperaturze suszenia. Zjawisko, to jest związane z lotnością i współczynnikami lotności, które dla substancji o niskim czasie retencji są bezpośrednio związane z temperaturą wrzenia. Należy zaznaczyć, że odnotowane zmiany są zmianami w składzie ilościowym, a nie jakościowym. Głównymi składnikami (ok. 64%) wyizolowanych olejków eterycznych, niezależnie od temperatury suszenia surowca, z którego zostały pozyskane były: 3-karena, *D*-limonen i α -pinen.

Podobnie jak w przypadku olejków eterycznych frakcja lotna składała się głównie z 3-karenu, *D*-limonenu i α -pinen, których proporcje zróżnicowane były w zależności od temperatury suszenia.

Z przeprowadzonych badań wynika, że suszenie pędów sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. pozwala na efektywną konwersję surowca zielarskiego. Wykazano, że stosując temperaturę 40°C możemy zachować największą ilość związków bioaktywnych i uzyskać najwyższą wydajność olejków eterycznych, które

w przeliczeniu na suchą masę są zbliżone do zawartości zidentyfikowanej w świeżym surowcu. Warto zauważyć, że podwyższona temperatura suszenia może znacznie skrócić czas trwania procesu, jednak wpływa to niekorzystnie na jakość produktu końcowego, co znajduje odzwierciedlenie w niższych zawartościach związków bioaktywnych oraz różnicach w ich składzie.

Przedstawiony cykl prac wchodzących w skład osiągnięcia wnosi istotny wkład w szeroko rozumianą dyscyplinę rolnictwo- ogrodnictwo. Świadczy o tym uzyskany sumaryczny Impact Factor publikacji wynoszący 27,319 oraz łączna liczba punktów zgodnie z punktacją Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wynosząca 860. Zaliczone do osiągnięcia prace zostały wydane w latach 2019-2021, a uzyskały łącznie 41 cytowań, pomimo krótkiego czasu od ich opublikowania. Uzyskane wyniki prac badawczych przedstawione w osiągnięciu potwierdziły w całości pozostawioną hipotezę badawczą, że stosując wybrane czynniki abiotyczne w bezpieczny sposób można uzyskać surowiec zielarski o podwyższonych parametrach jakościowych. Stosując nawożenie organiczne z dodatkiem ekstraktu w pokrzywy zwyczajnej uzyskałam surowiec zielarski o podwyższonej zawartości wybranych związków bioaktywnych, lepszej barwie i intensywniejszym zapachu. Podobne efekty uzyskałam stosując gazowy ozon do fumigacji surowca zielarskiego. W surowcu tym oznaczyłam zwiększone zawartości antyoksydantów, polifenoli, witamin oraz wybranych związków lotnych (zapachowych). Dodatkowo uzyskałam redukcję obciążenia mikrobiologicznego, co w konsekwencji przekłada się na wyższą jakość wytwarzanego surowca. Ważnym etapem utrwalania surowców roślinnych jest proces suszenia. Wykazałam, że stosując suszenie metodą mikrofalowo-próżniową i konwekcyjną w niskiej temperaturze (40°C) uzyskuje się surowiec zielarski o najwyższych parametrach jakościowych, mierzonych potencjałem antyoksydacyjnym, zawartością polifenoli oraz składem związków lotnych. Część z uzyskanych wyników badań posiada potencjał komercjalizacyjny dlatego przed ich publikacją do Urzędu Patentowego RP zgłoszono wynalazek pt. *„Sposób otrzymywania surowca z młodych pędów sosny, produkt o podwyższonej wartości farmaceutycznej i jego zastosowanie”* (P.434648), którego jestem głównym twórcą.

5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ

5.1. Aktywność naukowa w uczelniach i instytucjach krajowych oraz zagranicznych efektem, której są publikacje naukowe

- **przed uzyskaniem stopnia doktora:**

Aktywność naukową w więcej niż jednej uczelni rozpocząłam już przed uzyskaniem stopnia doktora. W 2017 roku wraz z zespołem prof. dr hab. inż. Jana Oszmiańskiego z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prowadziłam liczne badania dotyczące zawartości związków bioaktywnych w owocach żurawiny wielkoowocowej. Efektem zrealizowanych badań na ww. uniwersytecie są liczne współautorskie publikacje naukowe w renomowanych zagranicznych czasopismach z bazy Journal Citation Reports. Do publikacji tych należą:

- Jan Oszmiański, Joanna Kolniak-Ostek, Sabina Lachowicz, Józef Gorzelany, Natalia Matłok (2016). Comparison of bioactive potential of cranberry fruit and fruit-based products versus leaves. *Journal of Functional Foods*, s. 22, 232-242, doi:10.1016/j.jff.2016.01.015. Punktacja MNiSW_(2016 rok): 45, Impact Factor_(za ostatni rok): 4,451 (przed uzyskaniem stopnia doktora) [40].
- Jan Oszmiański, Joanna Kolniak-Ostek, Sabina Lachowicz, Józef Gorzelany, Natalia Matłok (2017). Phytochemical compounds and antioxidant activity in different cultivars of cranberry (*Vaccinium Macrocarpon* L). *Journal of Food Science*, 82(11), doi: 10.1111/1750-3841.13924. Punktacja MNiSW_(2017 rok): 30, Impact Factor_(za ostatni rok): 3,167 (przed uzyskaniem stopnia doktora) [38].
- Jan Oszmiański, Sabina Lachowicz, Józef Gorzelany, Natalia Matłok (2017). The effect of different maturity stages on phytochemical composition and antioxidant capacity of cranberry cultivars. *European Food Research and Technology*, 244, s.705–719, doi: 10.1007/s00217-017-2994-z. Punktacja MNiSW_(2017 rok): 30 Impact Factor_(za ostatni rok): 2,998 (przed uzyskaniem stopnia doktora) [37].

- **po uzyskaniu stopnia doktora:**

Aktywnością naukową w innych, krajowych uczelniach wykazywałam się także po uzyskaniu stopnia doktora. Wynikiem prac naukowych zrealizowanych w 2019-2020 roku w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z zespołem pracowników instytutu są trzy publikacje naukowe dotyczące wpływu nawożenia oraz zastosowanych metod suszenia surowca zielarskiego na jakość finalną wytwarzanego suszu *Cistus creticus* L., *Ocimum basilicum* L. oraz *Coriandrum sativum* L. i *Levisticum officinale*:

- Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Adam Figiel, Maciej Balawejder (2021). Effect of organic and mineral fertilisation on the quality of dried coriander (*Coriandrum sativum* L.) and lovage (*Levisticum officinale*), *Agriculture* 11(5), 386; doi: 10.3390/agriculture11050386. Punktacja MNiSW_(2019 rok): 100, Impact Factor_(za ostatni rok): 2,925 (po uzyskaniu stopnia doktora) [1]. **Praca ta jest przeze mnie podwójnie afiliowana (z Uniwersytetu Rzeszowskiego i Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu), ponieważ część badań realizowałam w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.**
- Natalia Matłok, Józef Gorzelany, Agnieszka Ewa Stępień, Adam Figiel, Maciej Balawejder (2019). Effect of fertilization in selected phytometric features and contents of bioactive compounds in dry matter of two varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Sustainability* 11, 6590; doi:10.3390/su11236590. Punktacja MNiSW_(2019 rok): 70, Impact Factor_(za ostatni rok): 3,251 (po uzyskaniu stopnia doktora) [8].
- Agnieszka Ewa Stępień, Józef Gorzelany, Natalia Matłok, Krzysztof Lech, Adam Figiel (2019). The effect of drying methods on the energy consumption, bioactive potential and colour of dried leaves of Pink Rock Rose (*Cistus creticus*). *Journal of Food Science and Technology*, 56, s. 2386–2394, doi:./10.1007/s13197-019-03656-2. Punktacja MNiSW_(2019 rok): 70, Impact Factor_(za ostatni rok): 2,701 (po uzyskaniu stopnia doktora) [9].

Natomiast w ramach prac badawczych zrealizowanych na Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z zespołem naukowców z Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej z Wydziału Chemicznego w związku z realizacją projektu z programu BIOSTRATEG1 powstała współautorska publikacja

naukowa. Praca pt. „*Mechanism of nutrition activity of a microgranule fertilizer fortified with proteins*” została opublikowana w 2020 roku w czasopiśmie *BMC Plant Biology*, indeksowanym przez Journal Citation Reports (JCR) (Punktacja MNiSW_(2019 rok): 140 Impact, Factor_(za ostatni rok): 3,497) (po uzyskaniu stopnia doktora) [29].

W 2020 roku realizowałam także prace badawcze z dr inż. Sabiną Lachowicz z Katedry Technologii Fermentacji i Zbóż Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Współpraca polegała na przeprowadzeniu badań dotyczących wpływu zastosowanych metod suszenia na zawartość i skład związków bioaktywnych w suszu *Cistus creticus* L. Efektem tej współpracy jest współautorska publikacja naukowa w prestiżowym czasopiśmie *Molecules* z IF_(za ostatni rok) = 4,411 (punktacja MNiSW_(2019 rok): 100), pt. „*Influence of drying method on some bioactive compounds and the composition of volatile components in dried pink rock rose (Cistus creticus L.)*” (po uzyskaniu stopnia doktora) [6].

W ramach prowadzonych badań naukowych wykazuję się także istotną aktywnością naukową w innych jednostkach Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie. Nieustannie od 2017 roku realizuję badania naukowe z prof. dr hab. Maciejem Balawejdrem z Zakładu Chemii i Toksykologii Żywności Instytutu Technologii Żywności i Żywienia. Wspólne prace badawcze skupiały się głównie na realizacji projektu B+R w ramach programu BIOSTRATEG1 w latach 2015-2020, którego efektem jest 5 współautorskich publikacji naukowych (po uzyskaniu stopnia doktora) w międzynarodowych czasopismach o łącznym IF_(za ostatni rok) wynoszącym 12,941 [28, 29, 31, 33, 34]. Rezultatem tej współpracy są także 3 patenty [104, 105, 110] (po uzyskaniu stopnia doktora) oraz zgłoszenie wzoru użytkowego [109] (po uzyskaniu stopnia doktora). W Instytucie Technologii Żywności i Żywienia UR realizowałam także badania związane z wykorzystaniem procesu ozonowania do przedłużania trwałości przechowalniczej oraz poprawy jakości owoców i surowców zielarskich. Wśród analiz wykonywanych w ww. instytucie są m.in. analizy składu frakcji lotnej HS-SPME badanego surowca. Efektem tych badań jest szereg prac badawczych w prestiżowych czasopismach z IF [1-8, 24, 25, 36], które w większości opublikowano po uzyskaniu stopnia doktora. Wynikiem tych prac są również zgłoszone do Urzędu Patentowego RP 3 zgłoszenia patentowe [106-108] (po uzyskaniu stopnia doktora).

5.2. Aktywność naukowa w innych uczelniach i instytucjach naukowych wynikiem, której jest realizacja projektów naukowych

- **przed uzyskaniem stopnia doktora:**

W trakcie pracy zawodowej podejmowałam współpracę naukową z polskimi uczelniami wynikiem, której jest realizacja projektów naukowych, w tym głównie badawczo-wdrożeniowych.

W ramach podjętej przed uzyskaniem stopnia doktora w 2014 roku współpracy z zespołem naukowców z Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej Wydziału Chemicznego Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza oraz firmą Dr Green sp. z o.o. opracowano wniosek o dofinansowanie w ramach I konkursu BIOSTRATEG z NCBR. Wniosek ten w grudniu 2014 roku uzyskał pozytywną ocenę i został skierowany do dofinansowania. Realizacja projektu pt. *„Opracowanie innowacyjnych nawozów na bazie alternatywnego źródła surowca”* [tabela 1, poz. nr 2], w którym byłam wykonawcą części zadań badawczych odbyła się w latach 2015-2020.

W 2017 roku poprzez podpisanie umowy konsorcjum podjęłam współpracę z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu oraz firmą Original Food Sp. z o.o. Z zespołem badawczym z Katedry Chemii, Ogrodnictwa oraz Instytutu Inżynierii Rolniczej UP Wrocław, a także Uniwersytetu Rzeszowskiego i reprezentantami ww. firmy opracowałam wniosek o dofinansowanie w ramach I konkursu WSPÓŁPRACA M16 realizowanego przez ARiMR [tabela 1, poz. nr 3]. Złożony wniosek pt. *„Zaimplementowanie i dostosowanie do warunków klimatyczno-glebowych Polski innowacyjnej technologii produkcji owoców z zamkniętym systemem nawadniania i biofortyfikacji jodem i selenem na przykładzie żurawiny”* uzyskał pozytywną ocenę oraz dofinansowanie i został zrealizowany w latach 2018-2020. W projekcie tym pełniłam funkcję koordynatora ds. merytorycznych projektu.

- **po uzyskaniu stopnia doktora:**

Natomiast po uzyskaniu stopnia doktora, w 2019 roku rozpoczęłam współpracę z zespołem badawczym Katedry Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W ramach podjętej współpracy koordynowałam i uczestniczyłam w opracowaniu wniosku projektowego

pn. „*Innowacyjna technologia produkcji owoców jagodowych na przykładzie maliny o podwyższonej zawartości związków bioaktywnych oraz zwiększonej wartości handlowej*”. W marcu 2020 roku wniosek ten został złożony do ARiMR w ramach III konkursu WSPÓŁPRACA M16, a w październiku uzyskując najwyższą liczbę punktów za ocenę merytoryczną został przeznaczony do dofinansowania. Realizacja tego projektu rozpoczęła się w lutym 2021 roku, a ja pełnię w nim funkcję koordynatora ds. merytorycznych projektu.

W tym samym roku w ramach współpracy z dr hab. inż. Maciejem Balawejdrem z Zakładu Chemii i Toksykologii Żywności Instytut Technologii Żywności i Żywienia UR opracowałam wniosek projektu badawczo-wdrożeniowego pt. „*Innowacyjna metoda poprawy stanu mikrobiologicznego i trwałości przechowalniczej owoców żurawiny wielkoowocowej*”. Wniosek ten również został złożony w ramach III konkursu WSPÓŁPRACA M16 i uzyskując pozytywną ocenę został przeznaczony do dofinansowania. Realizacja tego projektu rozpoczęła się w lutym 2021 roku. W projekcie tym pełnię funkcję kierownika.

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ

6.1. Popularyzacja nauki

- przed uzyskaniem stopnia doktora:**

Działalność popularyzującą naukę poprzez prezentację uzyskanych wyników badań rozpoczęłam już przed uzyskaniem stopnia doktora. W tym czasie uczestniczyłam w 8 konferencjach międzynarodowych [73, 82, 84, 88-92] oraz 12 konferencjach krajowych [74-81, 83, 85-87]. Podczas konferencji tych wygłosiłam szereg referatów oraz zaprezentowałam liczne postery przedstawiające wyniki prowadzonych prac badawczych oraz badawczo-rozwojowych.

- **po uzyskaniu stopnia doktora:**

W trakcie pracy zawodowej, po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłam w 4 konferencjach międzynarodowych [67, 69-70,72] oraz 4 krajowych [63-66, 71], gdzie w formie referatów prezentowałam wyniki prowadzonych prac badawczych. Ponadto przeprowadziłam wykład podczas VI Europejskiego Kongresu Menadżerów Agrobiznesu [68], który odbył się 5-6 listopada 2019 roku oraz IV Forum Wiedzy i Innowacji realizowanego przez Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie w dniach 11-13 listopad 2019 roku [66]. Popularyzację polskiej nauki na arenie międzynarodowej realizowałam również poprzez udział w wystawach wynalazków. Prezentowane wynalazki, których jestem współautorem nagrodzone zostały Złotym Medalem na międzynarodowej wystawie wynalazków EUROINVENT – European Exhibition of Creativity and Innovation w 2019 roku w Isai oraz Brązowym Medalem na wystawie IENA 2019 w Norymberdze.

Wśród działań mających na celu popularyzację nauki wymienić należy również publikację popularno-naukową, której jestem autorem. Artykuł pt. „*Nawożenie dolistne buraka cukrowego*” został opublikowany 1 maja 2020 roku na portalu wiescirolnicze.pl, dedykowanym dla rolników.

Ponadto w ramach działalności popularyzujących naukę przeprowadziłam wykłady i warsztaty dla dzieci i młodzieży. W 2019 roku zostałam zaproszona do przeprowadzenia wykładu w ramach projektu edukacyjnego dzieci i młodzieży „*Zasoby wodne – zarządzanie i gospodarka wodami*” realizowanego przez Młodzieżowy Dom Kultury w Jaśle, Stowarzyszenie Przyjaciół Młodzieżowego Domu Kultury w Jaśle „FAMILIARIS” oraz Partnera Głównego - Grupa LOTOS S.A. Natomiast w październiku 2020 roku przeprowadziłam zajęcia wykładowe i warsztaty z zakresu produkcji roślin zielarskich z wykorzystaniem czynników o charakterze elicytora oraz technologii produkcji nasadzeniowego materiału sadowniczego. Zajęcia przeprowadzone zostały w ramach projektu edukacyjnego dzieci i młodzieży realizowanego przez Ośrodek Edukacji Ekologicznej w Ożennej.

W 2020 roku pełniłam funkcję członka komitetu naukowego w ramach krajowej konferencji naukowej pt. „*Zaimplementowanie i dostosowanie do warunków klimatyczno-glebowych Polski innowacyjnej technologii produkcji owoców z zamkniętym systemem nawadniania i biofortyfikacji jodem i selenem na przykładzie żurawiny*”, która odbyła się 9 września 2020 roku na Uniwersytecie

Rzeszowskim. Natomiast w 2021 roku byłam członkiem komitetu naukowego VIII Ogólnopolskiej Konferencji Interdyscyplinarnej EUREKA ON-LINE (termin konferencji- 12 stycznia 2021 r.).

W ramach działalności popularyzujących naukę 20 kwietnia 2021 roku przeprowadziłam wykład dla uczestników Uniwersytetu Trzeciego Wieku Uniwersytetu Rzeszowskiego pn. „Czerwone złoto” – żurawina wielkoowocowa źródłem witamin i związków bioaktywnych”.

Wykazuję także aktywność w recenzowaniu prac naukowych w prestiżowych międzynarodowych czasopismach posiadający IF i indeksowanych przez Journal Citation Reports (JCR). Dotychczas recenzowałam 5 artykułów naukowych w czasopismach takich jak: *Agronomy* (ISSN 2073-4395), *Applied Sciences* (ISSN 2076-3417), *Plants* (ISSN 2223-7747) i *Horticulturae* (ISSN 2311-7524). Tematyka recenzowanych publikacji dotyczyła m.in. technologii produkcji oraz suszenia surowca zielarskiego i ziarna kukurydzy. Pozostałe prace były z dziedziny sadownictwa i dotyczyły produkcji grejfruta oraz czereśni. W załączeniu certyfikat wydawnictwa dla którego wykonałam recenzje.

Popularyzację nauki realizuję także poprzez założenie i administrowanie od marca 2021 roku fanpage Kierunku Rolnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego na portalu społecznościowym Facebook. Celem tego fanpage jest promowanie wśród użytkowników Facebooka kierunku Rolnictwo na UR oraz prezentacja prac badawczych realizowanych na ww. kierunku.

20 kwietnia 2021 r. w ramach popularyzacji nauki udzieliłam wywiadu podczas audycji SCIENCE – RADIOWE ODKRYCIA w Polskim Radio Rzeszów nt. innowacji w rolnictwie. W wywiadzie tym zaprezentowałam opracowywane innowacje rolnicze i ogrodnicze w ramach projektu pt. „Innowacyjna metoda poprawy stanu mikrobiologicznego i trwałości przechowalniczej owoców żurawiny wielkoowocowej”, którego jestem kierownikiem.

6.2. Osiągnięcia dydaktyczne

Od rozpoczęcia pracy zawodowej w lutym 2019 roku na Uniwersytecie Rzeszowskim na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego odbywam zajęcia ze studentami na kierunku Technologia żywności i żywienia człowieka, Logistyka

w sektorze rolno-spożywczym oraz Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami. Na ww. kierunkach prowadzę ćwiczenia laboratoryjne z następujących przedmiotów: Maszynoznawstwo ogólne, Aparatura i maszyny w przemyśle spożywczym oraz Maszynoznawstwo w OZE i GO. Natomiast na kierunku Logistyka w sektorze rolno-spożywczym prowadzę ćwiczenia audytoryjne i wykłady z przedmiotu Transport.

W ramach działalności dydaktycznej w czerwcu 2019 roku byłam recenzentem pracy magisterskiej z zakresu wpływu metod suszenia na jakość suszu mięty pieprzowej. Natomiast w 2021 roku recenzowałam 2 prace inżynierskie na kierunku Technologia Żywności i Żywienia oraz 2 prace inżynierskie na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami. Ponadto od rozpoczęcia pracy zawodowej na UR wspomagam inżynierantów i magistrantów realizujących prace dyplomowe w Zakładzie Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej.

W trakcie pracy na Uniwersytecie Rzeszowskim byłam także promotorem 1 pracy inżynierskiej, której celem była ocena wpływu procesu ozonowania na zwiększenie zawartości wybranych związków bioaktywnych oraz obniżenie obciążenia mikrobiologicznego roślin tymianku pospolitego. Obecnie pełnię funkcję promotora 1 pracy magisterskiej na kierunku Rolnictwo, 1 pracy inżynierskiej na kierunku Technologia żywności i żywienia, 1 pracy inżynierskiej na kierunku Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami oraz 2 prac inżynierskich na kierunku Logistyka w sektorze rolno-spożywczym.

W ramach działalności dydaktycznej wspomagam także doktorantów realizujących prace doktorskie w Zakładzie Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej. Pełniłam rolę promotora pomocniczego w zakończonym przewodzie doktorskim mgr inż. Mireli Katolickiej w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo-ogrodnictwo. Obrona pracy doktorskiej odbyła się w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska UR w dniu 20 maja 2021 roku.

Ponadto od października 2020 roku powołana zostałam do pełnienia funkcji członka Zespołu Programowego Kierunku Rolnictwo w Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego.

6.3. Działalność organizacyjna

Pełnione funkcje w organizacjach z wyboru lub z powołania w Uniwersytecie Rzeszowskim obejmują okres mojego zatrudnienia na Wydziale Biologiczno-Rolniczym (od 2020 roku Kolegium Nauk Przyrodniczych UR).

W ramach działalności organizacyjnej 9 września 2020 roku pełniąc funkcję Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego zorganizowałam konferencję naukową mającą na celu podsumowanie uzyskanych rezultatów w ramach operacji pt. *„Zaimplementowanie i dostosowanie do warunków klimatyczno-glebowych Polski innowacyjnej technologii produkcji owoców z zamkniętym system nawadniania i biofortyfikacji jodem i selenem na przykładzie żurawiny”* realizowanej w ramach programu WSPÓŁPRACA M16 z ARiMR. Konferencja odbyła się w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Od 2020 roku pełnię funkcję członka Rady Instytutu Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska.

Od października 2020 roku powołana zostałam także do pełnienia funkcji członka Zespołu Programowego Kierunku Rolnictwo w Kolegium Nauk Przyrodniczych UR. W ramach pełnionej funkcji w marcu 2021 roku uczestniczyłam w opracowaniu raportu samoceny PKA dla kierunku Rolnictwo UR.

Od października 2020 roku jestem członkiem Komisji ds. Oceny Pracowników w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska w Kolegium Nauk Przyrodniczych UR.

Decyzją Rektora Uniwersytetu Rzeszowskiego nr 115/2020 z dnia 19.10.2020 r. powołana zostałam na członka Rady Młodych Naukowców Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Decyzją Prorektor Ds. Kolegium Nauk Przyrodniczych z dnia 04.05.2021r. powołana zostałam na członka Komisji ds. opracowania Strategii Rozwoju Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego w zakresie obszaru VI. Współpraca z gospodarką.

Natomiast od maja 2021 roku pełnię funkcję członka Komisji ds. oceny infrastruktury wykorzystywanej do realizacji zajęć dydaktycznych na kierunku Rolnictwo.

Uczestniczyłam także w organizacji Rady Społeczno-Gospodarczej funkcjonującej przy w Kolegium Nauk Przyrodniczych UR poprzez podpisanie w październiku 2020 r. umów [99, 100] z dwoma partnerami z sektora gospodarczego o współpracy na okres od 1.XI.2020 r. do 30.IX. 2024 r.

Ponadto od rozpoczęcia pracy zawodowej na UR prowadziłam również szeroką współpracę z sektorem gospodarczym, w ramach podpisanych umów konsorcjum i umów o współpracę z firmą: Original Food Sp. z o.o. [99, 102, 103], Fieldstone Investments II Sp. z o.o. [100], Agro Wiosna [101] i Sp. z o.o. oraz Dr Green Sp. z o.o.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

7.1. Działalność wynalazcza

Efektem prowadzonych wraz z współpracownikami prac badawczych są uzyskane patenty oraz zgłoszenia patentowe i wzory użytkowe. Jestem współautorem 3 patentów. Prawo pierwszeństwa pierwszego pt. „*Sposób przygotowywania ogórków do procesu kiszenia*” (Patent nr PL 230243) [110] przyznane zostało przez Urząd Patowy RP w 2018 roku (przed uzyskaniem stopnia doktora). Drugi patent pt. „*Sposób wytwarzania nawozu rozpuszczalnego*”(PL 235097) [104] opracowany w ramach projektu BIOSTRATEG1 i uzyskał prawo pierwszeństwa w 2019 roku (po uzyskaniu stopnia doktora). W ramach tego projektu w 2020 roku w uzyskano prawo pierwszeństwa do 3 patentu (PL 236693, pt. „*Sposób wytwarzania nawozu wieloskładnikowego o kontrolowanym uwalnianiu składników*”) [105], którego jestem współautorem oraz zgłoszono do Urzędu Patentowego RP wzoru użytkowego „*Warstwowa Granula Nawozowa*” - nr W.128804 [109], którego również jestem współautorem. Ponadto w tym samym roku dokonano jeszcze trzech zgłoszeń patentowych, z czego jednego z nich pt. „*Sposób otrzymania surowca z młodych pędów sosny, produkt o podwyższonej wartości farmaceutycznej i jego zastosowanie*”(P.44456) [108] jestem głównym autorem. Drugie (współautorskie) zgłoszenie dotyczy „*Sposób przedłużania trwałości przechowalniczej rabarbaru ogrodowego lub selera naciowego w warunkach nie chłodniczych, zastosowanie ozonu do przedłużenia trwałości przechowalniczej w warunkach nie chłodniczych tych warzyw oraz przyczepa do*

ozonowania warzyw” (P.435808) [107]. Natomiast trzecie zgłoszenie (P.436581) dotyczy „*Sposób uprawy roślin pomidora, sposób przesuwania okresu wegetacyjnego roślin pomidora, sposób przedłużania trwałości przechowalniczej owoców pomidora, sposób przesuwania czasu osiągnięcia dojrzałości pomidora zielonego po jego zbiorze oraz zastosowanie ozonu w realizacji tych sposobów*” [106]. W załączeniu kserokopie decyzji Urzędu Patowego RP potwierdzających przyznanie prawa pierwszeństwa oraz nadania nr P zgłoszeń patentowych.

7.2. Dorobek technologiczny

Uczestniczyłam w opracowaniu dwóch produktów nawozowych na bazie alternatywnego źródła fosforu: nawozu dolistnego oraz mikrogranuli doglebowej do siewu precyzyjnego. Opracowane nawozy powstały w ramach realizacji projektu BIOSTRATEG1 pt. „*Opracowanie innowacyjnych nawozów na bazie alternatywnego źródła surowca*” i zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego celem uzyskania prawa ochronnego. Jestem współautorem patentu nr PL 235097 pt. „*Sposób wytwarzania nawozu rozpuszczalnego*” [104], patentu nr PL 236693 pt. „*Sposób wytwarzania nawozu wieloskładnikowego o kontrolowanym uwalnianiu składników*” [105] oraz wzoru użytkowego „*Warstwowa Granula Nawozowa*” - nr W.128804 [109]. Opracowane nawozy na mocy Decyzji nr 601/19 Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 17.12.2019 r. dotyczącej rejestracji wieloskładnikowego nawozu o kontrolowanym uwalnianiu składników (mikrogranulat doglebowy do siewu precyzyjnego) [111] oraz Decyzji nr 600/19 Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 17.12.2019 r. dotyczącej rejestracji dolistnego nawozu fosforowo-borowego zostały wdrożone do przemysłu [112]. Aktualnie nawozy te produkowane są przez firmę Dr Green Sp. z o.o. W załączeniu kserokopie decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi potwierdzających rejestrację ww. nawozów.

7.3. Działalność badawczo-rozwojowa

W trakcie pracy zawodowej wykazałam się także dużą aktywnością badawczo-rozwojową, czego dowodem jest kierownictwo i koordynowanie oraz udział jako wykonawca w projektach naukowych, głównie B+R. Przed uzyskaniem stopnia doktora byłam wykonawcą w międzynarodowych projekcie „*Integracja*

środowisk naukowych obszaru pogranicza polsko-ukraińskiego” w ramach programu PL-BY-UA 2007-2013. W latach 2015-2020 byłam jednym z głównych wykonawców w projekcie B+R pt. *„Opracowanie innowacyjnych nawozów na bazie alternatywnego źródła surowca”* realizowanego w ramach programu BIOSTRATEG1 z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Uczestniczyłam także w opracowaniu wniosku o dofinansowanie tego projektu. Natomiast w 2018 roku w ramach umowy konsorcjum wraz z zespołem badawczym UR oraz Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu opracowałam wniosek pt. *„Zaimplementowanie i dostosowanie do warunków klimatyczno-glebowych Polski innowacyjnej technologii produkcji owoców z zamkniętym systemem nawadniania i biofortyfikacji jodem i selenem na przykładzie żurawiny”* o przyznanie dofinansowania w ramach programu WSPÓŁPRACA II z Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Po uzyskaniu dofinansowania w latach 2019-2020 byłam koordynatorem ds. merytorycznych ww. projektu. W 2020 roku byłam także wykonawcą w projekcie *„Zjawisko elicytacji w produkcji i przetwarzaniu surowców zielarskich i owoców”* realizowanego w ramach „Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”. Ponadto w styczniu 2020 roku, uczestniczyłam jako jeden z głównych autorów w opracowaniu dwóch wniosków projektowych złożonych w ramach III konkursu WSPÓŁPRACA z ARiMR. Projekty te (Tabela 1, pozycja 5 i 6) po uzyskaniu pozytywnej oceny formalnej i merytorycznej zostały przekazane do dofinansowania. W projektach tych pełnię funkcji kierownika i koordynatora ds. merytorycznych.

7.4. Nagrody międzynarodowe i krajowe za działalność wynalazczą i naukową

- **przed uzyskaniem stopnia doktora**

W 2015 roku byłam laureatką I nagrody za Najlepszą Prezentację podczas VII Interdyscyplinarnej Konferencji Naukowej TYGIEL 2015 „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju” w panelu tematycznym: Technologia żywności i konsumpcja za prezentację wyników badań dotyczących *„Wpływu odmiany winorośli na zawartość fruktozy, glukozy i sacharozy w owocach Vitis vinifera L. z uprawy na Podkarpaciu”* [84].

- **po uzyskaniu stopnia doktora:**

Opracowany w ramach projektu BIOSTRATEG1 nr 270963 nawóz doglebowy do siewu precyzyjnego (patent PL 236693) [105], którego jestem współautorem prezentowany był na międzynarodowych wystawach wynalazków, gdzie gremia uznały jego innowacyjność i nagrodziły medalami. Na międzynarodowej wystawie wynalazków EUROINVENT – European Exhibition of Creativity and Innovation w 2019 roku w Isai nawóz ten został nagrodzony Złotym Medalem. Natomiast podczas odbywającej się w dniach 31.X.2019 – 3.XI.2019 r. w Norymberdze wystawie iENA - International Trade Fair "Ideas - Inventions - New Products" opracowaną mikrogranulę nagrodzono Brązowym Medalem. W załączeniu kserokopie certyfikatów potwierdzających uzyskanie medali.

W listopadzie 2021 roku nominowana byłam przez Komitet Biotechnologii PAN i firmę Bayer Sp. z o.o. do nagrody AgroBioTop 2021 wyróżniającej młodych naukowców za dokonania z zakresu biotechnologii, które wnoszą istotny wkład w rozwój rolnictwa i agrobiotechnologii. W załączeniu kserokopia dokumentu potwierdzającego nominację do nagrody.

PODSUMOWANIE DZIAŁALNOŚCI NAUKOWO-BADAWCZEJ

A. Ocena dorobku publikacyjnego według punktacji MNiSW oraz wartość wskaźnika Impact Factor (za ostatni rok)

Tabela 1. Zestawienie działalności naukowej (liczbowe, wg punktacji MNiSW*i wg IF)

Lp.	Rodzaj działalności	Przed doktoratem	Po doktoracie	Razem
1.	Projekty badawcze UE	1	3	4
2.	Projekty badawcze krajowe	0	2	2
3.	Tematy statutowe	0	1	1
4.	Oryginalne prace twórcze, w tym w czasopismach z IF	6 (180 pkt.)* [IF=21,385]	21 (1910 pkt.) ** [IF=58,021]	27 (2090 pkt.) [IF=79,406]
5.	Oryginalne prace twórcze, w tym w czasopismach bez IF	20 (124 pkt.)*	1 (12 pkt.) *	21 (136 pkt.)
6.	Monografie/ skrypty	-	-	-
7.	Rozdział w monografii	11 (44 pkt.)*	3 (12 pkt.) **	14 (56 pkt.)
8.	Ekspertyzy i raporty	3	4	7
9.	Referat na konferencjach krajowych i międzynarodowych	10	20	30
10.	Recenzja pracy naukowych	0	5	5
11.	Uzyskany patent i zgłoszenia patentowe	1 (30 pkt.)	6 (68 pkt.)	7 (98 pkt.)
12.	Promotor pomocniczy zakończonego doktoratu	-	1	1
13.	Nagrody i wyróżnienia	1	1	2
18.	Indeks Hirscha wg Web of Science			8
	Indeks cytowań			123
	w tym bez autocytowań			98
19.	Indeks Hirscha wg Scopus			8
	Indeks cytowań			151
20.	Sumaryczny IF	21,385	58,021	79,406
21.	Suma punktów za publikacje wg MNiSW	378*	2002**	2380

* punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (do 2018 roku)

** punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2019-2021)

B. Struktura rodzajowa dorobku publikacyjnego

Tabela 2. Struktura rodzajowa dorobku publikacyjnego (liczba publikacji).

Lp.	Rodzaj publikacji	Główny autor	Współ-autor	Razem
1.	Oryginalne prace twórcze z IF	11	16	27
2.	Oryginalne prace twórcze bez IF	2	19	21
3.	Monografie i skrypty	0	0	0
4.	Rozdziały w monografiach	2	12	14
5.	Ekspertyzy i raporty	1	6	7
6.	Patenty	0	3	3
7.	Zgłoszenia patentowe	1	3	4
Publikacje ogółem		17	59	76

C. Zestawienie zgłoszeń patentowych i uzyskanych patentów

Przed doktoratem uzyskano 1 patent [110], a po doktoracie 2 patenty [104, 105] oraz 3 zgłoszeń patentowych [106-108] i 1 wzoru użytkowego [109].

Sumaryczny Impact Factor_(za ostatni rok): IF=79,406, w tym przed doktoratem IF=21,385, po doktoracie IF= 58,021.

Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus: **151**

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science Core Collection: **123**, bez autocytowań: **98**

Liczba cytowań publikacji według bazy Google Scholar: **253**

Index Hirscha według bazy Scopus wynosi: **8**

Index Hirscha według bazy Google Scholar: **8**

Suma punktów MNiSW: 2380 w tym 378 przed doktoratem i 2002 po doktoracie (lata 2019-2021).



.....
(podpis wnioskodawcy)