

ZAŁĄCZNIK 3a

Autoreferat prezentujący opis osiągnięć i dorobku naukowo – badawczego

dr inż. Magdalena Słowik-Borowiec

Instytut Biotechnologii

Kolegium Nauk Przyrodniczych

Uniwersytet Rzeszowski

SPIS TREŚCI

1. Dane osobowe	3
2. Wykształcenie, posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych, odbyte staże naukowe	3
3.1. Zatrudnienie.....	3
3.2. Staże naukowe.....	4
4. Wykazanie osiągnięcia naukowego, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.2. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe.....	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	6
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	16
6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	19
7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	21
7.1. Działalność dydaktyczna.....	21
7.2. Działalność organizacyjna.....	22
7.3 Działalność popularyzatorska.....	22
7.4. Nagrody i wyróżnienia.....	23
7.5. Liczbowe zestawienie dotychczasowego dorobku naukowego	23
Wykaz cytowanej literatury	24

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Magdalena Słowik-Borowiec

Nr ORCID: 0000-0002-4436-8638

Miejsce pracy: Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Biotechnologii, Ul. Pigoń 1, 35-310 Rzeszów;

Tel.: +48178516868

Tel. Kom: 668256051

Email: mslowik@ur.edu.pl

2. Wykształcenie, posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- Grudzień 2017 – uzyskanie stopnia doktora nauk rolniczych w obszarze nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych, dyscyplinie agronomia, specjalność ochrona roślin, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań. Rozprawa wyróżniona nagrodą Dyrekcję oraz Radę Naukową Instytutu Ochrony Roślin-PIB (dyplomy w Załączniku 2 i 7).

Tytuł rozprawy doktorskiej: *„Analityka i kinetyka rozkładu pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym o dużej zawartości chlorofilu”*.

Promotor: dr hab. inż. Ewa Szpyrka, prof. UR, promotor pomocniczy: dr hab. Dariusz Drożdżyński.

- 2010–2011 - studia podyplomowe „Biotechnologia żywności”, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów (dyplom w Załączniku 7).
- Wrzesień 2005 – uzyskanie tytułu magistra inżyniera w obszarze nauk technicznych, dyscyplinie technologia chemiczna, specjalność synteza organiczna, Wydział Chemiczny Politechniki Rzeszowskiej, im. Ignacego Łukasiewicza, Rzeszów.

Tytuł pracy magisterskiej: *„Próby otrzymywania niższych hydroksyetylowych pochodnych 6-aminouracylu”*.

Promotor: dr inż. Elżbieta Chmiel-Szukiewicz.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych, odbyte staże naukowe:

3.1. Zatrudnienie

- Praca w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu, Terenowej Stacji Doświadczalnej w Rzeszowie na stanowiskach:
 - Inżynier: październik 2007 – maj 2009 r.;
 - Asystent: maj 2009 – kwiecień 2018 r.;

➤ Kierownik ds. Jakości: sierpień 2015 - czerwiec 2017 r.

- Praca w Uniwersytecie Rzeszowskim na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego (od 1 września 2018 r. na Wydziale Biotechnologii, od 1 września 2019 r. w Instytucie Biologii i Biotechnologii, Kolegium Nauk przyrodniczych, od 15 marca 2023 r. w Instytucie Biotechnologii).

3.2. Staże naukowe

- Maj 2023 r. – staż naukowy w Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Agriculture, Forestry and Natural Environment School of Agriculture, Grecja, zakres tematyczny: przygotowanie próbek wody do oznaczania pozostałości pestycydów oraz analiza próbek z zastosowaniem chromatografii cieczowej ze spektrometrią mas (LC-QTOF-MS/MS) (zaświadczenie w Załączniku 7);
- Lipiec 2023 r. – staż naukowy w Państwowym Instytucie Weterynaryjnym - Państwowym Instytucie Badawczym, Puławy, zakres tematyczny: oznaczanie pozostałości pestycydów stosowanych jako środki ochrony roślin, biocydy, oraz leki weterynaryjne w organizmach martwych pszczół w ramach systemu diagnostyki zatruc pszczół; oznaczanie pozostałości pestycydów w żywności pochodzenia zwierzęcego w ramach Krajowego Planu Kontroli; poszerzenie wiedzy z zakresu doskonalenia nowych metod analitycznych w tym wykorzystania metody QuEChERS, techniki chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) oraz techniki chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS) (zaświadczenie w Załączniku 7).

4. Wykazanie osiągnięcia naukowego, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl pięciu powiązanych tematycznie prac ujętych pod wspólnym tytułem:

POZOSTAŁOŚCI PESTYCYDÓW – WYSTĘPOWANIE, ZANIKANIE I METODY OZNACZANIA W PRODUKTACH ROLNYCH I GLEBIE

4.2. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe:

H1. Słowik-Borowiec M., Szpyrka E. 2018. Multiresidue analysis of pesticides in wine and grape using gas chromatography with microelectron capture and nitrogen-phosphorus detection. *Food Analytical Method*, 11(12):3516–3530. <https://doi.org/10.1007/s12161-018-1329-4>

IF₂₀₁₈ - 2,413; MNiSW₂₀₁₈ - 30 pkt, IF₂₀₂₃ - 2,9; MEiN₂₀₂₃ - 70 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy; przeglądzie literatury; opracowaniu metody badawczej łącznie z jej walidacją; przygotowaniem ekstraktów próbek; wykonaniu analiz chromatograficznych razem z E.S., opracowaniu i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków i tabel, dyskusji wyników, napisaniu pracy i przygotowaniu jej do druku (autor korespondujący).

- H2. Słowik-Borowiec M.**, Szpyrka E., Książek-Trela P., Podbielska M. 2022. Simultaneous determination of multi-class pesticide residues and PAHs in plant material and soil samples using the optimized QuEChERS method and tandem mass spectrometry analysis. *Molecules*; 27, 2140. <https://doi.org/10.3390/molecules27072140>

IF₂₀₂₂ – 4,6; MEiN₂₀₂₂ - 140 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wspólnym opracowaniu koncepcji pracy razem z E.S.; przeglądzie literatury, opracowaniu metody badawczej łącznie z jej walidacją, przygotowaniu ekstraktów próbek razem z P.K.-T. i analizie próbek metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas razem z E.S. i M.P.; opracowaniu wyników, przygotowaniu rysunków i tabel, dyskusji wyników; napisaniu pracy i przygotowaniu jej do druku (autor korespondujący).

- H3.** Szpyrka E., Matyaszek A., **Słowik-Borowiec M.** 2017. Dissipation of chlorantraniliprole, chlorpyrifos-methyl and indoxacarb—insecticides used to control codling moth (*Cydia Pomonella* L.) and leafrollers (*Tortricidae*) in apples for production of baby food. *Environmental Science and Pollution Research*. 24 (13): 12128–12135. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8821-z>.

IF₂₀₁₇ – 2,93; MNiSW₂₀₁₇ - 30 pkt; IF₂₀₂₃ – 5,8; MEiN₂₀₂₃ - 100 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu próbek do analizy laboratoryjnej razem z A.M. i analizie ekstraktów próbek metodą chromatografii gazowej razem z E.S. oraz korekcie manuskryptu.

- H4. Słowik-Borowiec M.**, Szpyrka E. 2020. Selected food processing techniques as a factor for pesticide residue removal in apple fruit. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2):2361–2373. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06943-9>.

IF₂₀₂₀ - 4.223; MNiSW₂₀₂₀ - 100 pkt; IF₂₀₂₃ – 5,8; MEiN₂₀₂₃ - 100 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy; przeglądzie literatury; opracowaniu metodyki badawczej; przygotowaniu ekstraktów próbek; wykonaniu analiz chromatograficznych razem z E.S.; opracowaniu i interpretacji wyników; przygotowaniu rysunków i tabel, dyskusji wyników; napisaniu pracy i przygotowaniu jej do druku (autor korespondujący).

- H5.** Szpyrka E., **Słowik-Borowiec M.** 2019. Consumer health risk to pesticide residues in *Salvia officinalis* L. and its infusions. *Journal of Environmental Science And Health, Part B Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*. 54(1):14-19 <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1501144>

IF₂₀₁₉ - 1,697; MNiSW₂₀₁₉ - 40 pkt; IF₂₀₂₃ - 1,99; MEiN₂₀₂₃ - 40 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy razem z E.S., wykonaniu analiz chromatograficznych razem z E.S., opracowaniu i interpretacji wyników razem z E.S. oraz korekcie manuskryptu.

Sumaryczny „*Impact Factor*” publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według listy *Journal Citation Reports* (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **15,863**.

Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, według wykazu czasopism naukowych MNiSW/MEiN zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **340**.

Oświadczenia współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie wskazanych publikacji zostały zamieszczone w [Załączniku 6](#).

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie

Historia pestycydów sięga czasów starożytności, kiedy to ludzie zapoczątkowali uprawę ziemi w celu pozyskania produktów roślinnych. Pierwsze doniesienia o zastosowaniu pestycydów dotyczyły zwalczania owadów i roztoczy związkami siarki i arsenu, z czasem praktyki te ewaluowały i rozpoczęto stosowanie pestycydów opartych na bazie produktów roślinnych czy odzwierzęcych, aż wreszcie wprowadzono produkty mineralne i produkty uboczne pochodzące z przemysłu. Największy rozwój tego obszaru nastąpił dopiero po II Wojnie Światowej, kiedy to chemia organiczna została zaimplementowana do nauki o pestycydach. Obecnie branża związana z przemysłem agrochemicznym nadal dynamicznie się rozwija, a dzięki wysokonakładowym inwestycjom prowadzone są badania nad zaawansowanymi technologiami, dzięki którym wprowadzane są na rynek nowe rodzaje pestycydów (1, 2).

Pestycydy to bardzo obszerna grupa zróżnicowanych związków chemicznych pochodzenia naturalnego lub syntetycznego, które głównie wykorzystywane są jako środki ochrony roślin. Używane są we wszystkich systemach produkcji roślinnej do zwalczania szkodników, patogenów i chwastów czyli organizmów niepożądanych lub szkodliwych poprawiając tym samym wydajność upraw rolniczych. Stąd też nazywane są często fitofarmaceutykami. Znajdują także zastosowanie jako regulatory wzrostu roślin, defolianty czy środki osuszające, odgrywają również istotną rolę w komercyjnych praktykach przemysłowych związanych z żywnością (3, 4, 5, 6, 7). Pomimo licznych zalet stosowania pestycydów kluczowym problemem jest ich negatywny wpływ na ludzkie zdrowie i środowisko naturalne. Zbyt intensywne stosowanie preparatów ochrony roślin, czy też ich niewłaściwe wykorzystanie może silnie ograniczać bioróżnorodność w rolnictwie oraz zanieczyszczać glebę, wodę i jednocześnie prowadzić do gromadzenia się ich pozostałości w uprawach powodując zanieczyszczenie łańcucha pokarmowego: gleba - roślina - zwierzę - człowiek (7). Ze względu na potencjalnie toksyczną naturę pestycydów, trwałość w środowisku i zdolność do bioakumulacji, istnieją obecnie w społeczeństwie obawy dotyczące konsekwencji dla zdrowia związanych ze stosowaniem pestycydów (szczególnie u osób starszych i dzieci) (8). Liczne badania naukowe wskazują na związek pomiędzy ekspozycją na pestycydy, a rozwojem chorób przewlekłych, w tym wielu rodzajów nowotworów, chorób neurodegeneracyjnych, cukrzycy, wad wrodzonych i zaburzeń rozrodczości (9).

Celem ochrony konsumentów przed niekorzystnymi skutkami stosowania pestycydów opracowano szereg aktów prawnych regulujących ich wprowadzanie do obrotu i stosowania. Przyjęto m.in. pakiet rozporządzeń, który obejmuje: Dyrektywę nr 2009/128/WE oraz (UE) 2019/782 w sprawie zrównoważonego stosowania pestycydów mającą na celu ograniczenie ryzyka dla środowiska i dla zdrowia ludzi przy jednoczesnym utrzymaniu wydajności upraw, poprawie kontroli stosowania i dystrybucji pestycydów w odniesieniu do ustanowionych zharmonizowanych wskaźników ryzyka (10,11); Rozporządzenie (WE) nr 1107/2009 w sprawie wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin (12) oraz Rozporządzenie (WE) nr 1185/2009 w sprawie statystyk dotyczących pestycydów stosowanych w poszczególnych państwach członkowskich Unii Europejskiej, które określa zasady gromadzenia informacji na temat rocznych ilości pestycydów wprowadzanych do obrotu (13). Funkcjonuje także rejestr środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu (14), który jest stale aktualizowany. Prawo stanowi, że produkty spożywcze nie powinny zawierać substancji szkodliwych dla zdrowia, a ewentualne pozostałości pestycydów są tolerowane poniżej określonego poziomu ryzyka dla zdrowia konsumenta. Dlatego też na podstawie badań toksyczności substancji czynnych zawartych w preparatach ochrony roślin, ustalono tzw. najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP) w produktach rolnych, które zasadniczo regulowane są Rozporządzeniem (WE) nr 396/2005 (z późniejszymi zmianami) (15). Pomimo wielu wymagań stawianych pestycydom podczas ich rejestracji i stosowania należy zapewnić, że produkty, które trafiają do konsumentów spełniają założone kryteria. Istniejący system bezpieczeństwa produktów spożywczych zapewnia, że pestycydy nie stanowią zagrożenia dla człowieka, pod warunkiem że aplikowane są one zgodnie z przestrzeganiem zaleceń dotyczących m.in. upraw chronionych, zalecanej i maksymalnej dawki, liczby zastosowań, terminu stosowania, okresów prewencji i karencji itp.

W wyniku prowadzenia ochrony roślin substancje te są wprowadzane do środowiska, a o ich dalszych losach (tempie zanikania, lokalizacji) decydują ich indywidualne właściwości chemiczne i fizyczne, warunki klimatyczne czy sam rodzaj chronionej rośliny (16, 17). Stąd też niezwykle istotnym aspektem jest badanie zachowania się tych ksenobiotyków bezpośrednio po zabiegach chemicznych (na etapie produkcji) oraz monitorowanie ich pozostałości po zbiorze (na etapie sprzedaży). Badania takie prowadzone są przez odpowiednie laboratoria nadzorowane przez organy państwowe, jednostki naukowo-badawcze albo też instytucje komercyjne z branży rolniczej, ochrony środowiska czy przemysłu rolno-spożywczego. Rezultaty badań prowadzonych w ramach urzędowej kontroli publikowane są przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) w postaci raportów (18, 19), natomiast wyniki badań naukowców upowszechniane są w postaci licznych publikacji.

Jakość i bezpieczeństwo żywności stały się problemem społecznym ze względu na szybki rozwój gospodarki i większe niż kiedykolwiek wcześniej zapotrzebowanie konsumentów na bezpieczną i wysokiej jakości żywność (20, 21). Z uwagi na fakt, że produkty rolne mogą zawierać pozostałości pestycydów zarówno przed jak i po zbiorze (często powyżej NDP), warto zwrócić uwagę i ocenić proste, opłacalne strategie poprawy bezpieczeństwa żywności. Jedną z nich jest przetwarzanie żywności, które można prowadzić zarówno na skalę przemysłową jak i w warunkach gospodarstwa domowego. Ogólnie, techniki przetwarzania żywności oznaczają

zbiór metod wykorzystywanych do przekształcania surowców lub żywności w inne formy przeznaczone do spożycia (22). Najpopularniejsze i wysoce skuteczne w zmniejszaniu poziomów pozostałości pestycydów, które stosowane są przy głównie przy obróbce produktów roślinnych, okazały się: mycie wodą, roztworami soli i detergentów, obieranie, procesy termiczne czyli: blanszowanie, pasteryzacja, puszkowanie, jak również rafinacja, winiarstwo, browarstwo oraz fermentacja (22, 23, 24).

Ocena zawartości pestycydów zarówno w żywności czy też próbkach środowiskowych nie może odbywać się bez odpowiednio dobranych procedur analitycznych. Analiza pozostałości pestycydów może przysparzać wiele trudności, aczkolwiek jest niezbędna. Mnogość substancji aktywnych, które wykazują zróżnicowane właściwości fizyko-chemiczne, występujące zazwyczaj w bardzo niskich stężeniach oraz złożoność składu badanego materiału tzw. matryca próbki, powodują że oznaczanie tych substancji nie jest łatwe. W celu sprostania stawianym oczekiwaniom, nieustannie trwają wysiłki nad opracowaniem efektywnych i uniwersalnych metod analitycznych, które umożliwiłyby oznaczenie jak największej liczby substancji w jednym procesie analitycznym, pozwalają na obniżenie kosztów i czasu trwania analizy oraz spełniały wymagania „zielonej chemii” (25, 26, 27).

Współczesne rolnictwo dysponuje odpowiednimi środkami produkcji, które w znacznym stopniu umożliwiają otrzymanie bardzo wysokich plonów upraw. Jednocześnie dużym wyzwaniem staje się ochrona środowiska naturalnego i bezpieczeństwo płodów rolnych. Standaryzacja produkcji rolnej determinuje stosowanie efektywnych metod do oceny jakości uzyskanych produktów oraz metod ukierunkowanych na poprawę ich bezpieczeństwa. Ogromny potencjał związany z możliwością implementacji nowych rozwiązań w omawianym zakresie, stał się podstawą do sformułowania przeze mnie celu oryginalnych badań.

Cel pracy

Celem naukowym prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego było:

- opracowanie i optymalizacja metod ekstrakcji, oczyszczania i oznaczania pozostałości pestycydów w produktach rolnych i glebie;
- przeprowadzenie szczegółowych badań walidacyjnych w celu oceny przydatności proponowanych metod;
- badania aplikacyjne - kontrola poziomów pozostałości pestycydów w płodach rolnych;
- określenie zanikania wybranych substancji czynnych w owocach jabłoni na etapie produkcji oraz podczas ich przetwarzania;
- oszacowanie narażenia konsumenta związanego z pobieraniem pozostałości pestycydów z pożywieniem.

Wyniki

Opracowanie i optymalizacja metod analitycznych, badania walidacyjne

Metoda QuEChERS (PN-EN 15662:2018-06 „*Żywność pochodzenia roślinnego -- Multimetoda do oznaczania pozostałości pestycydów z zastosowaniem analizy opartej na GC i LC po ekstrakcji/podziale acetonitrylem i oczyszczaniu metodą dyspersyjnej SPE -- Metoda*

modułowa QuEChERS) (28) jest obecnie jedną z najbardziej popularnych metod przygotowania próbek do oznaczania obecności pestycydów, jednak nieustannie trwają badania nad poprawą jej efektywności i sprawności analitycznej. W przeprowadzonych eksperymentach ujętych w publikacji **H1** i **H2** zaproponowano modyfikację tej metody. W publikacji **H1** przedstawiono metodę identyfikacji i oznaczania ilościowego 131 pestycydów w owocach winorośli i winie. Analizy próbek oparto na chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów i azotowo-fosforową (GC- μ ECD/NPD). Przygotowano i opisano dwa protokoły ekstrakcji próbek wina (QuEChERS-bufor cytrynianowy i metoda niebuforowana) przy czym dla każdego z nich sprawdzono różne warianty: (a) oczyszczanie ekstraktów poprzez dyspersyjną ekstrakcję do fazy stałej (SPE), (b) połączenie jednoczesnej ekstrakcji z oczyszczaniem SPE i (c) metoda bez oczyszczania ekstraktów.

W kolejnej publikacji (**H2**) z cyklu osiągnięcia naukowego została zaproponowana optymalizacja metody QuEChERS do jednoczesnego oznaczania 94 pestycydów oraz 13 substancji z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) dla czterech reprezentatywnych matryc roślinnych (sałata, jabłko, papryka i zboże) oraz gleby. Do oznaczeń końcowych zastosowano w tym przypadku technikę chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS/MS). Przedstawione rozwiązanie polegało na zmianie rozpuszczalnika stosowanego podczas ekstrakcji (z acetonitrylu na mieszaninę: aceton:heksan w stosunku objętościowym 1:4 (v/v)) oraz redukcji dodatku wody w przypadku matrycy zboża, a także zastosowaniu florisilu zamiast grafityzowanego węgla na etapie oczyszczania co skutecznie poprawiło odzysk związków o charakterze płaskich cząsteczek. Proponowana metoda pozwoliła na skrócenie czasu przygotowania próbek (wyeliminowanie etapu odparowania ekstraktów w celu zmiany rozpuszczalnika z acetonitrylu na eter naftowy), zmniejszenie zużycia rozpuszczalników organicznych (o 17%), a także pozwoliła na wyeliminowanie bardziej toksycznego odczynnika jakim jest acetonitryl. Warto podkreślić, że eksperymenty związane z opracowaniem tej metody odbywały się w ramach projektu, prowadzonego pod moim kierunkiem: „*Ekoinnowacyjna metoda przygotowania próbek do analizy pozostałości pestycydów i WWA*”. Projekt finansowany z programu grantowego na prace B+R jednostek naukowych w ramach projektu pt. „Podkarpackie Centrum Innowacji” współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Osi Priorytetowej nr I "Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka". z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014-2020.

Każda nowa, dotychczas niestosowana, bądź też zmieniona metoda analityczna wymaga walidacji, której celem jest określenie zakresu przydatności oraz ocena zapewnienia wiarygodności uzyskiwanych wyników. Dla obu opracowanych metod oznaczania pozostałości pestycydów przeprowadzono pełne badanie walidacyjne z wyznaczeniem następujących parametrów: odzysk, precyzja/powtarzalność, liniowość, granica wykrywalności (LOD) i oznaczalności (LOQ), efekt matrycy (w publikacji **H1**) oraz niepewność. Badania walidacyjne przeprowadzono zgodnie z wymaganiami określonymi w przewodniku SANTE (29, 30, 31) „*Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed*” (obecnie SANTE 11312/2021 (32)). Do badań walidacyjnych wybrano substancje czynne pestycydów, należące do grupy fungicydów,

insektycydów i herbicydów, które są lub były rekomendowane do ochrony omawianych upraw, jak również te, które uważane są jako substancje zanieczyszczające środowisko (szczególnie z grupy pestycydów chloroorganicznych).

Linowość metody określa zakres stężeń, w którym uzyskiwane wartości sygnału pomiarowego substancji badanej są wprost proporcjonalne do analizowanych stężeń, ponadto istotny jest wybór odpowiedniego modelu kalibracji. Linowość opracowanych metod wyznaczono w oparciu o najprostszy model oparty na regresji liniowej $y=ax+b$ dla 5-punktowych krzywych kalibracyjnych przygotowanych w roztworach ślepych próbek matrycowych oraz z zastosowaniem wzorca wewnętrznego (TPP) (publikacja H2). Zakres liniowości badanych analitów wyniósł odpowiednio 0,002 - 4,4158 µg/ml dla matrycy winogrona oraz 0,009 - 2,273 µg/ml dla wina (H1), natomiast dla matrycy jabłka, sałaty, papryki, zboża i gleby 0,005 - 1,44 mg/kg (H2). Wartości współczynnika korelacji (R^2) dla większości związków były $\geq 0,99$, wyjątek stanowiły: famoksadon, chizalofop-p-etylu, protiokonazol, spirodiklofen, teflutyna i zooksamid (H2). Szczegółowe dane dotyczące współczynników korelacji zostały przedstawione w pracach H1 (Tabela 2 i 3) oraz H2 (Tabela 3). W procedurach walidacyjnych, szczególnie w przypadku próbek biologicznych o złożonym składzie, rekomendowane jest przeprowadzenie oceny efektów matrycowych (ME) i ich wpływu na oznaczanie analitów. W badaniach opisanych w publikacji H1 wykazano, że oszacowane efekty matrycowe wskazywały na niewielki wpływ współekstrahowanych składników na wzmocnienie i/lub osłabienie sygnałów badanych związków (dla większości związków ME < 10%) (Tabela 3).

W przeprowadzonych eksperymentach walidacyjnych dla każdego badanego związku i w oparciu o ich indywidualny zakres liniowości wyznaczono LOQ, czyli najniższe stężenie analitu w próbce, które można określić z akceptowalną dokładnością i LOD czyli najniższą ilość analitu w próbce, którą można wykryć (na podstawie wartość stosunku sygnału danego analitu do szumu linii podstawowej (S/N) wynoszącego 3). LOQ dla badanych substancji czynnych wyniosły odpowiednio: 0,002 - 0,041 mg/kg (w winogronie), 0,009 - 0,023 mg/kg (w winie) (H1, Tabela 1 i 2) oraz 0,005 - 0,014 mg/kg (w jabłku, sałacie, papryce, zbożu i glebie), natomiast LOD dla wymienionych matryc mieściło się w zakresie 0,002 - 0,005 kg/kg (H2, Tabela 3). Warty podkreślenia jest fakt, że wartości uzyskanych LOQ korelują z NDP określonymi w Rozporządzeniu (WE) Nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lutego 2005 wraz z późniejszymi zmianami (15).

Kluczowym parametrem w badaniach walidacyjnych jest odzysk badanych związków, który określa wydajność ekstrakcji. Parametr ten wyznacza się poprzez porównanie wartości sygnału pomiarowego uzyskanego po ekstrakcji i oczyszczaniu z próbki zawierającej znaną ilość analitu do roztworu wzorcowego. Wyniki badań ujęte w pracach H1 i H2 potwierdzają jak duże znaczenie dla wartości tego parametru ma zarówno rodzaj badanej substancji jak i dobór odpowiedniego rozpuszczalnika ekstrakcyjnego oraz sam etap oczyszczania. Opracowane metody przygotowania próbek zapewniły skuteczną ekstrakcję pestycydów z wybranych matryc w wymaganym przedziale 70 - 120% i tylko w nielicznych przypadkach uzyskano wynik poza akceptowalnym zakresem. Obie procedury analityczne w przypadku matrycy wina

charakteryzowały się akceptowalnymi wartościami odzysku dla badanych analitów (72 – 113%), dla winogrona w przedziale 70 – 120% z wyjątkiem bentiawalikarbu izopropylowego, karbosulfanu, dichlorfosu, flzasulfuronu, flubendiamidu, mewinfosu, tetrachlorwinfosu i tribenuronu metylu (**Tabela 1, 2 publikacja H1**). Satysfakcjonujące parametry średniego odzysku w zakresie 70,1–119,3% odnotowano także w badanych matrycach jabłka, sałaty, papryki, zboża oraz gleby (**Tabela 3, publikacja H2**).

Precyzja/powtarzalność określa stopień zgodności wyników wielokrotnych analiz tej samej próbki. Precyzję (wyrażoną jako względne odchylenie standardowe, RSD) wyznaczono na podstawie badań odzysków przeprowadzonych w krótkich odstępach czasu, a następnie na podstawie wartości odchylenia standardowego określono rozrzut uzyskanych wyników wokół wartości średniej. Satysfakcjonujące wartości precyzji/powtarzalności ($\leq 20\%$) uzyskano dla zdecydowanej większości badanych substancji czynnych. W przypadku matrycy winogrona RSD wyniosło od 0 do 20%, w winie od 1 do 33% (przy czym średnie RSD dla tej matrycy mieściło się w wymaganym zakresie), natomiast dla pozostałych matryc, omawianych w **publikacji H2**, RSD znajdowało się w przedziale od 0,2 do 18,2% (średni RSD = 5,9%). Oszacowane wartości precyzji były z reguły bardzo niskie, jednak w zakresie niższych stężeń analitów obserwowano wzrost ich wartości (**Tabela 1, 2 publikacja H1** oraz **Tabela 3, publikacja H2**).

Rozszerzona niepewność pomiaru została oszacowana na podstawie identyfikacji wszystkich możliwych źródeł niepewności w całym procesie analitycznym. Uzyskano wyniki wskazujące, że powtarzalność i odzysk są najistotniejsze w całym budżecie niepewności (**H1, H2**). Rozszerzoną niepewności pomiaru oszacowano na podstawie modelu empirycznego „top-down” zgodnie z danymi uzyskanymi w badaniach walidacyjnych (współczynnik rozszerzenia $k = 2$ dla przyjętego poziomu prawdopodobieństwa 95%). Rozszerzona niepewność dotycząca badanych substancji czynnych wyniosła od 4% do 40%, przy średniej wartości wynoszącej 18% w przypadku winogron, natomiast w przypadku wina niepewności były wyższe niż 18% dla wszystkich analitów, ale nie przekraczały 31% (**Tabela 1, 2 publikacja H1**). Z kolei dla drugiej metody analitycznej, omawianej w **publikacji H2**, niepewność pomiaru dla badanych analitów w matrycy jabłka, sałaty, papryki, zboża oraz gleby wyniosła od 4,2 do 31,4% przy średniej niepewności 15,3% (**Tabela 3, publikacja H2**). Obliczone wartości niepewności pomiaru były wyraźnie mniejsze od maksymalnej dopuszczalnej wartości 50% zalecanej w dokumencie SANTE (29, 30, 31). Najwyższą wartość niepewności uzyskano dla związków dla których odzysk i RSD były bliskie granicznym wartościom kryteriów akceptacji.

Opracowane i zwalidowane metody z sukcesem znalazły zastosowanie do analizy próbek materiału roślinnego (łącznie 48 próbek) (**publikacja H1, H2**) i 10 próbek wina (**H1**) na obecność pozostałości pestycydów. Wyniki badań interpretowano zgodnie z kryteriami Komisji Europejskiej (29, 30, 31) w odniesieniu do obowiązujących w Polsce NDP (15). Przeprowadzone badania wykazały, że większość badanych próbek zawierała pozostałości pestycydów powyżej LOQ zastosowanych metod analitycznych, a najczęściej wykrywane substancje czynne pestycydów należały do grupy środków grzybobójczych (**H1 i H2**). Wyniki badań kontrolnych próbek rzeczywistych, opisanych w **publikacji H1** wykazały obecność

8 substancji czynnych pestycydów (6 fungicydów, herbicydu oraz insektycydu), w tym czterech substancji (spiroksaminy, metrafenonu, chloropiryfosu i metazachloru), które nie były zalecane do ochrony winorośli (**H1**). W 14 z 20 analizowanych próbek winogron wykryto pozostałości pestycydów (co stanowi aż 70% analizowanych próbek), 35% próbek zawierało więcej niż jedną substancję czynną, a w jednej próbce stwierdzono 3-krotne przekroczenie ustalonego NDP (dla chloropiryfosu) (**H1**). W ramach **publikacji H2** przeprowadzone analizy 28 próbek materiału roślinnego (sałaty, jabłek, zboża i papryki) wykazały obecność 10 substancji czynnych pestycydów, w tym 7 fungicydów (boskalidu, tetrakonazolu, tebukonazolu, fluopyramu, cyprodinilu, metrafenonu oraz azoksystrobiny), 2 insektycydów (etoksazolu i pirymifosu-metylu) oraz pendimetaliny z grupy herbicydów. Próbki zawierające pozostałości pestycydów stanowiły 89% ogólnej liczby analizowanych próbek. W niektórych próbkach jabłek, sałaty, zboża oraz papryki występowały pozostałości wielokrotne (2, 3 lub 4 substancje czynne), dodatkowo w jabłkach stwierdzono przekroczenia NDP dla boskalidu. W pozostałych matrycach tj. sałata, zboże, oraz papryka nie odnotowano naruszenia prawa związanego z przekroczeniem NDP czy też niewłaściwym zastosowaniem preparatów w poszczególnych uprawach (**publikacja H2, Tabela 5**). Jedynie wszystkie próbki wina oraz trzy próbki papryki były wolne od pozostałości pestycydów (**H1 i H2**).

Podsumowując: istotną rolę w zapewnieniu jakości i bezpieczeństwa produktów rolnych jak i podniesieniu świadomości producentów z branży rolniczej, odgrywają systematyczne badania pod kątem zanieczyszczeń pochodzących ze stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Konieczne stało się zatem stosowanie skutecznych metod analitycznych, w tym technik dedykowanych oznaczaniu pozostałości pestycydów. Wprowadzenie modyfikacji metody w celu zwiększenia jej efektywności i sprawności analitycznej zależy w dużej mierze od rodzaju matrycy i badanych analitów. Modyfikacja może odbywać się zarówno na etapie ekstrakcji (poprzez zmianę rodzaju rozpuszczalnika oraz proporcji: próbka – rozpuszczalnik – dodatek wody), oczyszczania (poprzez zmianę składu i proporcji sorbentów), jak również na etapie oznaczenia końcowego (różne techniki chromatograficzne). W przeprowadzonych eksperymentach określono wydajność ekstrakcji analitów dla dwóch zoptymalizowanych metod, a uzyskane parametry walidacyjne były satysfakcjonujące. Przedstawione, w ramach osiągnięcia naukowego metody pozwalają na znaczne skrócenie czasu analizy, obniżenie kosztów stosowanych odczynników, a ponadto są bardziej przyjazne dla środowiska. Dodatkową zaletą zaproponowanej metody (**H1**) jest alternatywa zastosowania tańszego sprzętu, niż ten który jest rekomendowany w oryginalnej normie metodycznej (zmniejszając tym samym koszty związane z zakupem oraz eksploatacją drogiego aparatu). Stosowanie tego rodzaju metod umożliwia laboratoriom zwiększenie wydajności analitycznej i sprzyja szeroko rozumianej konkurencyjności co jest korzystne z punktu widzenia zarówno odbiorców wyników badań, jak i konsumentów żywności. Opracowane metody, z całą pewnością mogą znaleźć szerokie zastosowanie w analizie pozostałości pestycydów zarówno do badań prowadzonych w ramach kontroli urzędowej jak i do analiz komercyjnych. Potencjalnym odbiorcą rozwiązania są laboratoria firm zobowiązanych do monitorowania pozostałości tych ksenobiotyków w produktach spożywczych i próbkach środowiskowych.

Badanie zanikania wybranych substancji czynnych i wpływ procesów technologicznych na ich poziomy pozostałości

Stosowanie pestycydów w rolnictwie i ogrodnictwie ma zasadnicze znaczenie dla wydajnej produkcji roślinnej i uzyskiwanych produktów, jednak praktyki te stwarzają jednocześnie potencjalne zagrożenie występowania pozostałości tych substancji nawet po zbiorach (33, 34). Rodzaj zastosowanego preparatu ochrony roślin, jego stężenie czy sama kondycja rośliny, a także warunki środowiskowe to najważniejsze czynniki wpływające na zawartość pestycydów w płodach rolnych (17, 35). Badania kinetyki zanikania pozostałości ksenobiotyków są ważnym narzędziem potwierdzającym możliwość bezpiecznego dla zdrowia konsumenta stosowania preparatów ochrony roślin. W publikacji **H3** skupiono się na badaniu dynamik zanikania trzech insektycydów w jabłkach przeznaczonych do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci. Niemowlęta i małe dzieci to szczególna grupa konsumentów, dla której obowiązują o wiele bardziej rygorystyczne ograniczenia w odniesieniu do NDP w porównaniu do norm dla osób dorosłych (dla większości substancji czynnych to 0,01 mg/kg lub też niższy poziom) (36, 37). Spełnienie tych ostrych kryteriów w konsekwencji powoduje trudności w pozyskaniu surowców do produkcji tego typu żywności. Dlatego też podjęto badania nad określeniem terminu zastosowania środków ochrony roślin (z grupy insektycydów) w ochronie jabłoni tak aby dojrzałe owoce spełniały normy określone do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci. Trzyletnie doświadczenia, w ramach niniejszej pracy, realizowano w sadzie spełniającym zasady integrowanej produkcji, o powierzchni sześciu hektarów, położonym w Rzeszowie (południowo-wschodnia Polska, województwo podkarpackie). Zastosowano preparaty do zwalczania owocówki jabłkóweczki (*Cydia Pomonella* L.) oraz zwójków (*Tortricidae*) - szkodników o dużym znaczeniu gospodarczym w uprawie jabłek, których populacja zwłaszcza w ostatnich latach znacznie wzrosła. Przeprowadzono sześć eksperymentów, a każdy pestycyd aplikowano indywidualnie. Do analizy pozostałości insektycydów zastosowano zwalidowaną metodę opartą na chromatografii gazowej z jednoczesną detekcją wychwytu elektronów i azotowo-fosforową (GC-ECD/NPD). Kinetyki zanikania substancji czynnych opisano równaniami wykładniczymi dla reakcji pierwszego rzędu, na podstawie tych równań obliczono czasy połowicznego zanikania. Okresy półtrwania chlorantraniliprolu, chloropiryfosu metylowego i indoksakaru wyniosły odpowiednio: 16 – 17, 4 – 6 i 20 – 24 dni. Na podstawie przeprowadzonych badań ujętych w **publikacji H3**, stwierdzono, że na szybkość zanikania w głównej mierze wpływa rodzaj zastosowanej substancji czynnej oraz dawka w przeliczeniu na ha uprawy. W celu uzyskania poziomów pozostałości insektycydów poniżej 0,01 mg/kg, aplikację badanych insektycydów w zalecanych dawkach należy przeprowadzić nie później niż: 1 miesiąc przed zbiorami dla chloropiryfosu metylowego, 2 miesiące dla chlorantraniliprolu i 2,5 miesiąca dla indoksakaru.

Wiedza na temat pozostałości pestycydów w produktach rolnych przeznaczonych do konsumpcji i ich potencjalnego wpływu na zdrowie wciąż pozostaje tematem dużego zainteresowania. Jabłko są jednym z najbardziej popularnych owoców, które cieszą się dużym uznaniem i stanowią ważny składnik codziennej diety, szczególnie w tej części Europy.

Dostępne dane literaturowe dotyczące systematycznej kontroli pozostałości pestycydów m. in. w tych owocach potwierdzają problem ich częstego występowania (33, 34). Efektywnym sposobem na poprawę bezpieczeństwa produktów rolnych, w zakresie występowania pozostałości pestycydów jest zastosowanie prostych i praktycznych rozwiązań jakimi są między innymi metody przetwarzania żywności. W publikacji **H4** ocenie poddano 7 procesów technologicznych, w tym wysokotemperaturowe i niskotemperaturowe, obróbkę mechaniczną oraz mycie, które posłużyły do określenia najskuteczniejszego sposobu usuwania 5 pestycydów o działaniu grzybobójczym (cyprodinil, difenokonazol, fluopyram, tebukonazol i fludioksonil) w jabłkach. Materiał do badań pozyskano bezpośrednio z komercyjnego sadu stosującego zasady integrowanej produkcji, a oznaczenie ilościowe i jakościowe substancji czynnych w przetworzonych produktach przeprowadzono metodą QuEChERS z zastosowaniem chromatografii gazowej (GC-ECD/NPD). W eksperymentach określono 67 współczynników przetwarzania charakteryzujących zachowanie poszczególnych pestycydów (**H4 Tabela 3**). W zdecydowanej większości przypadków wyznaczone współczynniki wskazywały na zmniejszenie stężenia danej substancji w produkcie końcowym w stosunku do produktu wyjściowego ($PF < 1$), natomiast tylko w nielicznych przypadkach na ich koncentrację ($PF > 1$). Wykazano, że badane pestycydy wykazały dość specyficzne zachowanie w stosunku do poszczególnych procesów, a stopień degradacji pozostałości pestycydów nie zawsze był skorelowany z ich właściwościami fizyko-chemicznymi, sposobem działania, rozpuszczalnością w wodzie, czy zastosowaną temperaturą procesu. Najbardziej efektywnymi procesami okazały się wyciskanie soku (usunięcie pestycydów w zakresie 63 - 100%) i zamrażanie (52 - 100%). Mycie z zastosowaniem ultradźwięków i gotowanie również znacząco usunęły pozostałości pestycydów: 79 - 84% i 72 - 78%. Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku procesu obierania ze skórki, w którym prawie dla wszystkich badanych substancji czynnych uzyskano maksymalną redukcję wynoszącą 80%. Mycie wodą wodociągową obniżało stężenie badanych substancji w granicach 35 - 38%. W przeprowadzonych eksperymentach wykazano, że najmniej skuteczną i nieprzewidywalną metodą usuwania pestycydów jest sterylizacja i pasteryzacja.

Podsumowując: na podstawie przeprowadzonych doświadczeń terenowych w sadach jabłoniowych zbadano dynamikę zanikania trzech insektycydów w jabłkach z zastosowaniem równań kinetycznych reakcji pierwszego rzędu. Uzyskane wyniki w praktyce umożliwiły modelowanie – przewidywanie spodziewanych poziomów pozostałości w zależności od dawki substancji czynnej i czasu po zabiegu tak, by dojrzałe owoce spełniały normy określone dla surowców przeznaczonych do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci. Poziomy pozostałości pestycydów można skutecznie obniżyć poddając produkt roślinny procesom technologicznym. Określenie współczynników przetwarzania oraz wyjaśnienie zależności między właściwościami pestycydów, a obniżeniem ich stężenia w owocach jabłek może znaleźć zastosowanie w szacowaniu ryzyka narażenia zdrowia konsumentów, a uzyskane informacje mogą uzupełnić europejską bazę danych dotyczącą współczynników przetwarzania w żywności. Łącząc wiedzę uzyskaną z przeprowadzonych doświadczeń, możliwe jest bardziej świadome pozyskiwanie żywności wysokiej jakości oraz bezpiecznej dla konsumenta.

Ocena narażenia konsumenta na obecność pozostałości wybranych substancji czynnych pestycydów

Problemem w uprawie roślin zielarskich są organizmy szkodliwe, których występowanie w dużym nasileniu prowadzi do obniżenia jakości pozyskiwanego surowca, natomiast asortyment zarejestrowanych środków ochrony roślin w uprawach małoobszarowych jest bardzo ograniczony (38, 39). Z powodu braku zarejestrowanych preparatów mogą występować przypadki stosowania niezalecanych środków, a to z kolei prowadzi do przypadków naruszenia prawa. Występowanie przekroczeń NDP może wynikać z niewłaściwego stosowania pestycydów w poszczególnych uprawach. Celem zapewnienia, że produkty roślinne spełniają kryteria formalno – prawne, prowadzona jest ich analiza na obecność pozostałości pestycydów. Celem **pracy H5** było zbadanie obecności pozostałości pestycydów w szalwii (*Salvia officinalis* L.) - produkcie o zastosowaniu leczniczym, przyprawowym i farmaceutycznym, dostępnym na rynku detalicznym w Polsce. W przeprowadzonych badaniach skupiono się na sprawdzeniu zgodności poziomów stężenia wykrytych substancji czynnych z NDP określonymi w przepisach UE oraz ocenie chronicznego i ostrego ryzyka związanego ze spożyciem tego produktu jak również naparów przygotowanych z tej rośliny. Zakres badań obejmował 90 substancji czynnych pestycydów, w tym wszystkie substancje zarejestrowane w Polsce do ochrony tej uprawy. Wykonano analizy 25 próbek szalwii metodą opartą na technice QuEChERS i technice chromatografii gazowej (GC-ECD/NPD), natomiast oznaczanie benzimidazoli (benomylu, karbendazymu i tiofanatu metylowego) metodą chromatografii cienkowarstwowej. Podczas eksperymentu stwierdzono obecność 5 pestycydów: jednego fungicydu – boskalidu oraz czterech insektycydów: chloropiryfosu, pp-DDT, dimetoatu (stężenia pozostałości powyżej NDP) i indoksakaru. Oceniono przewlekłe narażenie konsumentów na pestycydy spożywane wraz z próbkami szalwii, biorąc pod uwagę dane dotyczące stężeń pestycydów i spożycia tego produktu. Narażenie ostre obliczono dla substancji, której stężenie przekraczało NDP. Obliczone wartości spożycia przewlekłego i ostrego porównano z wartościami referencyjnymi – odpowiednio dopuszczalnym dziennym pobraniem (ADI) i ostrą dawką referencyjną (ARfD). Wartości te uznano za bezpieczne, jeśli przekroczyły 100%. W trakcie badań nie zaobserwowano transferu pestycydów z liści do naparów co może wynikać z ich niskiej rozpuszczalności w wodzie oraz dodatnimi wartościami współczynnika podziału oktanol-woda (log P). Przewlekłe i ostre narażenie na pozostałości pestycydów spożywane z szalwią nie przekraczało odpowiednio 0,02% dopuszczalnego dziennego pobrania (ADI) i 0,1% ostrej dawki referencyjnej (ARfD), a więc z całą pewnością można stwierdzić, że wykryte pozostałości pestycydów występowały w stężeniu bezpiecznym dla zdrowia człowieka.

Podsumowując: dane o spożyciu żywności i wykryte poziomy pozostałości pestycydów w badanym produkcie roślinnym pozwoliły na oszacowanie pobrania długo- i krótkoterminowego (chronicznego i ostrego) dla konsumentów w grupie osób dorosłych. Zaprezentowane wyniki wskazują, że pomimo zastosowania preparatów niezgodnie z etykietą oraz występowania zakazanych substancji czynnych, nie stwierdzono zagrożenia zdrowia konsumenta związanego ze spożyciem rośliny zaliczanej do grupy małoobszarowych.

Otrzymane wyniki badań opisane w pracach H1 – H5 tworzących monotematyczny cykl publikacji stanowiący wskazane osiągnięcie naukowe mają zarówno charakter poznawczy, jaki i aplikacyjny. Do najważniejszych osiągnięć zaprezentowanych badań, stanowiących oryginalny wkład w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności oraz oceny stanu zanieczyszczenia środowiska rolniczego, zaliczam:

- Opracowanie selektywnych, efektywnych i bardziej przyjaznych dla środowiska metod oznaczania pozostałości pestycydów o zróżnicowanych właściwościach fizyko-chemicznych w próbach materiału roślinnego i gleby;
- Dokonanie szczegółowej identyfikacji parametrów walidacyjnych zaproponowanych metod, które jednoznacznie potwierdzają spełnienie kryteriów stawianych metodom analitycznym;
- Praktyczne zastosowanie opracowanych metod do oceny występowania pozostałości pestycydów w produktach roślinnych;
- Określenie wpływu zróżnicowanych procesów technologicznych na redukcję/koncentrację pozostałości pestycydów w materiale roślinnym i wykazanie, że w zdecydowanej większości przypadków procesy te wpływają na obniżenie stężenia substancji czynnych w produkcie końcowym;
- Oszacowanie ryzyka zagrożenia zdrowia konsumentów na pozostałości pestycydów występujące w roślinach małoobszarowych (zielarskich) związane z ich spożyciem;
- Przeprowadzenie badania określającego terminy stosowania pestycydów w ochronie jabłoni tak, by dojrzałe owoce spełniały normy dla surowców przeznaczonych do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje zainteresowania naukowe, poza kluczowym osiągnięciem zaprezentowanym w niniejszym autoreferacie, koncentrują się w trzech zasadniczych obszarach badawczych: bezpieczeństwo żywności i środowiska rolniczego, w tym ocena jakości płodów rolnych pod kątem ich zanieczyszczenia pozostałościami pestycydów, fermentacja produktów roślinnych oraz opracowanie warunków analizy składników żywności.

Bezpieczeństwo żywności i środowiska rolniczego, w tym ocena jakości płodów rolnych pod kątem ich zanieczyszczenia pozostałościami pestycydów

Monitorowanie pozostałości pestycydów w żywności oraz elementach środowiska naturalnego stanowi integralną część szeroko rozumianej produkcji upraw rolnych i ogrodniczych. Tematyka mojej pracy badawczej ściśle wynika ze specyfiki działalności jednostki w której byłam zatrudniona i koncentruje się przede wszystkim na oznaczaniu zawartości pozostałości pestycydów w materiale roślinnym (płodach rolnych, artykułach spożywczych) i glebie. Analizy próbek wykonywałam w ramach urzędowej kontroli stosowania środków ochrony roślin, działalności statutowej oraz badawczej, które obejmowały:

Udział w realizacji tematów wieloletnich Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego „Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska”, finansowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi:

- obszar tematyczny II „Ochrona ludzi, zwierząt i środowiska przed ujemnymi skutkami stosowania środków ochrony roślin wraz z kontrolą bezpieczeństwa żywności”, zadanie **2.2. „Badanie pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych pobieranych z miejsc ich produkcji i wodzie użytkowanej do celów gospodarczych w ramach krajowego programu kontroli”** jako wykonawca (2006-2010);
- obszar tematyczny II „Ochrona ludzi, zwierząt i środowiska przed ujemnymi skutkami stosowania środków ochrony roślin wraz z kontrolą bezpieczeństwa żywności”, zadanie **2.3. „Monitoring pozostałości środków ochrony roślin w materiałach paszowych pochodzenia roślinnego”** jako wykonawca (2006-2010);
- obszar tematyczny III „Ograniczenie strat w plonach roślin uprawnych z zachowaniem bezpieczeństwa żywności”, zadanie **3.6. „Prowadzenie analiz pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych, roślinnych produktach spożywczych i paszach pochodzących z produkcji ekologicznej”** jako wykonawca (2006-2010);
- obszar tematyczny I „Integrowana ochrona roślin oraz ograniczanie zagrożeń związanych ze stosowaniem środków ochrony roślin dla ludzi, zwierząt i środowiska”, zadanie **1.8. „Badania pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych”** jako wykonawca (2011-2015).

Udział w realizacji tematów statutowych Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego:

- **SRZ-02 „Wyznaczanie czynników warunkujących jakość surowców produkowanych metodami integrowanymi przeznaczonych do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci”** jako wykonawca (2008-2012);
- **SRZ-08 „Optymalizacja, walidacja i szacowanie niepewności wielopozostałościowej metody QuEChERS do oznaczania pozostałości środków ochrony roślin techniką GC-ECD/NPD ze szczególnym uwzględnieniem surowców zielarskich”** jako kierownik tematu (2013-2017).

Udział w realizacji tematów badawczych Katedry Biotechnologii w Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego objętych dofinansowaniem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (od 2021 r. Ministerstwa Edukacji i Nauki):

- **WB/PB/VIII/2019 „Występowanie i zanikanie substancji czynnych pestycydów w materiale roślinnym i próbkach środowiskowych”**, jako wykonawca (2019-2020);

- Priorytetowe zadania badawcze - zadanie **3** „**Przestrzenny monitoring zanieczyszczeń środowiska na Podkarpaciu w kontekście jego przekształceń antropogenicznych**” jako wykonawca (2020-2023).

Przeprowadzone badania pozwoliły na wskazanie trendu dotyczącego występowania pozostałości pestycydów w aspekcie bezpieczeństwa żywności w różnych grupach roślin m.in. rodzaju substancji czynnych, przekroczeń ustalonych dopuszczalnych poziomów stężeń, nieprawidłowości związanych z zastosowaniem preparatów niezalecanych do ochrony danej uprawy, czy substancji, których stosowanie w ochronie roślin zostało zabronione.

Liczne prace naukowe, w których jestem autorem lub współautorem dotyczyły oceny występowania pozostałości pestycydów w materiale roślinnym na etapie produkcji pierwotnej pochodzących głównie z terenu południowo-wschodniej Polski (Załącznik 4, część II, pkt. 2, monografia P1; część II, pkt 4, publikacje: P4, P8, P10, P13, P14, P15, P17, P18, P24, P25, P26, P27, P28, P31, P32, P34, P35, P36, P37, P38, P40, P41, P43, P44, P45, P46, P47, P48, P50, P51, P52, P53, P54, P55), próbek pochodzących z produkcji ekologicznej (Załącznik 4, część II, pkt. 4, publikacja P16), czy próbek z przeznaczeniem na eksport (Załącznik 4, część II, pkt. 4, publikacja P22).

Realizowana przeze mnie tematyka badawcza obejmowała również studia nad wyznaczaniem kinetyki zanikania wybranych substancji czynnych w glebie, jak również określeniem wpływu stosowanych efektywnych mikroorganizmów na ten proces. Efektem badań w tym obszarze były następujące publikacje naukowe: P11, P57, P60 (Załącznik 4, część II, pkt. 4).

Opracowanie warunków analizy żywności

Od początku mojej kariery zawodowej zajmowałam się analizą instrumentalną, w szczególności chromatografią gazową i cieczową. Praca w laboratorium obligowała mnie do ciągłego rozwijania już istniejących metod analitycznych w celu np. rozszerzania zakresu oznaczanych substancji, modyfikacji metod pod kątem analizy próbek o złożonym składzie matrycy oraz dostosowaniu ich do istniejącego wyposażenia aparaturowego laboratorium, czy wreszcie poszukiwania nowych, bardziej czułych technik. Poza aspektami zanieczyszczeń w żywności pozostałościami pestycydów, w swojej pracy skupiłam się na opracowaniu efektywnych metod oznaczania składników bioaktywnych m.in. witaminy A i E oraz K2. Celem pracy (publikacja P63) była modyfikacja metody jednoczesnego oznaczania witaminy A i E w próbkach żywności metodą chromatografii cieczowej z detektorem fotodiodowym (UV-VIS/DAD). Przeprowadzone badania dotyczyły optymalizacji procesu przygotowania ekstraktów próbek (etapu zmydlania i ekstrakcji analitów), a także wykonaniu szczegółowych badań walidacyjnych metody w trzech reprezentatywnych matrycach (parmezan, szpinak oraz migdały). Satysfakcjonujące rezultaty dla zaproponowanej metody uzyskano w zakresie odzysku, precyzji, liniowości i niepewności pomiaru. Dodatkowo zoptymalizowaną metodę zastosowano do badania 15 próbek żywności pochodzenia roślinnego i zwierzęcego pod kątem obecności witaminy A i E. W publikacji P61 opisano natomiast metodę oznaczania witaminy K2 MK-7 metodą chromatografii cieczowej z detekcją UV/DAD w fermentowanym materiale

roślinnym. W tej pracy, eksperymenty laboratoryjne również dotyczyły przygotowania ekstraktów próbek, ustalenia optymalnych parametrów rozdziału chromatograficznego poszczególnych składników oraz weryfikacji zakładanych rezultatów w badaniach walidacyjnych. Wyniki z tego obszaru badań zostały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym (Załącznik 4, część II, pkt. 4, publikacje: P63, P61).

Fermentacja produktów roślinnych

Zainteresowanie naukowe skłoniły mnie do rozpoczęcia prac badawczych dotyczących procesu fermentacji i właściwości produktów fermentowanych (nasion roślin jadalnych i zbóż). W realizacji tych badań dużą rolę odegrał grant badawczy przyznany przez Narodowe Centrum Nauki „Otrzymywanie witaminy K2 (menachinon-7) metodą fermentacji z udziałem bakterii *Bacillus subtilis* - optymalizacja i modyfikacja procesu” (MINIATURA 3; 2019/03/X/NZ9/00235, Załącznik 4, część II, pkt. 9) oraz temat statutowy realizowany w Instytucie Biologii i Biotechnologii nr WB/PB/IX/2019 „Biotechnologiczne metody otrzymywania witamin z wykorzystaniem mikroorganizmów” objęty dofinansowaniem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2019-2020), w których pełniłam rolę lidera. Wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie wskazały że oprócz soi (tradycyjny japoński produkt *natto*), inne sfermentowane nasiona/ziarna takie jak: soja, bobik, proso, groch, cieciora, fasola mung, łubin, soczewica, kukurydza czy słonecznik mogą być dobrym źródłem witaminy K2 MK-7 i zapewniają nową perspektywę, szczególnie pod względem obniżenia zawartości fitoestrogenów, a także otrzymywania produktów spożywczych o innych walorach smakowych. Dlatego też podjęty temat działania naukowego stał się doskonałym obszarem do dalszych badań m.in. identyfikacji i oznaczenia ilościowego kwasów tłuszczowych oraz białka w zależności od czasu trwania fermentacji. Przeprowadzone eksperymenty dowiodły, że fermentacja o kontrolowanym przebiegu stanowi kluczowy proces pozwalający uzyskać produkty o ulepszonych właściwościach odżywczych, które mogą być z powodzeniem stosowane podczas produkcji żywności bioaktywnej i funkcjonalnej. Rezultaty badań przedstawiono w dwóch publikacjach: P61 i P62 (Załącznik 4, część II, pkt. 4). Realizowana przeze mnie tematyka badawcza obejmuje również studia dotyczące wpływu procesu fermentacji na przebieg zanikania substancji czynnych pestycydów w nasionach roślin strączkowych. Badania wykazały, że zastosowane w tym procesie bakterie *Bacillus subtilis* mają zdolność do biodegradacji pestycydów w fermentowanym materiale roślinnym. Manuskrypt pracy zostanie złożony do renomowanego czasopisma naukowego.

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

W październiku 2007 roku podjęłam pracę w Laboratorium Badania Pozostałości Środków Ochrony Roślin w Terenowej Stacji Doświadczalnej w Rzeszowie, jednostki Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu na stanowisku inżyniera, a od maja 2009 roku na stanowisku asystenta. W tym czasie do moich obowiązków należało oznaczanie pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym, glebie i wodzie za

pomocą technik chromatograficznych, zwłaszcza chromatografii gazowej. Odpowiedzialna byłam za opracowanie, poszerzanie i wdrażanie nowych technik ekstrakcji i oczyszczania próbek, metod oznaczania jakościowego i ilościowego substancji czynnych pestycydów.

Byłam członkiem zespołu wykonującego zadania w ramach Programów Wieloletnich realizowanych w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym „Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska” (**zadanie nr 2.2, 2.3, 3,6 i 1.8**, które zostały wymienione w **pkt. 5**).

Brałam także czynny udział w realizowaniu dwóch tematów statutowych objętych dofinansowaniem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego prowadzonych w Laboratorium, w których pełniłam funkcję lidera zespołu oraz wykonawcy (**tematy SRZ-02 i SRZ-08**, które zostały wyszczególnione w **pkt. 5**).

W ramach podjętej pracy w Laboratorium Badania Pozostałości Środków Ochrony Roślin uczestniczyłam w rutynowych analizach próbek na obecności pozostałości pestycydów wykonywanych na zlecenia producentów żywności oraz firm handlowych.

Corocznie brałam udział w badaniach żywności organizowanych przez Laboratoria Referencyjne Unii Europejskiej (Community Reference Laboratory Pesticides in Fruit and Vegetables, Almeria, Hiszpania; Commission Reference Laboratory on Cereals & Feedingstuff, Technical University, Dania), FAPAS (Central Science Laboratory, UK) oraz Instytut Ochrony Roślin-Państwowy Instytut Badawczy.

Swoje kwalifikacje zawodowe podnosiłam poprzez udział w 12 szkoleniach dotyczących analityki chemicznej oraz systemów jakości w laboratoriach badawczych ([certyfikaty i zaświadczenia w Załączniku 7](#)).

W trakcie wdrażania w Laboratorium systemu jakości wg PN-EN ISO/IEC 17025, aktywnie uczestniczyłam w tworzeniu dokumentacji systemu zarządzania (księgi jakości, procedur ogólnych i badawczych oraz instrukcji obsługi urządzeń), wprowadzeniu ich do obiegu oraz dalszym funkcjonowaniu systemu jakości. W 2011 roku Laboratorium uzyskało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji. Od sierpnia 2015 do czerwca 2017 roku pełniłam funkcję Kierownika ds. Jakości Laboratorium Badania Pozostałości Środków Ochrony Roślin w Rzeszowie.

Od 2011 roku swoją pracę badawczą ukierunkowałam na analizę substancji czynnych pestycydów w materiałach roślinnych o skomplikowanej i zróżnicowanej matrycy. Opracowałam optymalizację i modyfikację metody QuEChERS, która pozwoliła na analizę wielu pozostałości środków ochrony roślin w roślinach o dużej zawartości barwników techniką chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów i azotowo-fosforową. Badania te stały się źródłem mojej przyszłej pracy doktorskiej. W 2013 roku otworzyłam przewód doktorski pt: *„Analityka i kinetyka rozkładu pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym o dużej zawartości chlorofilu”*, którego promotorem była dr hab. inż. Ewa Szpyrka, a promotorem pomocniczym dr hab. Dariusz Drożdżyński. Realizacja tematyki związanej bezpośrednio

z rozprawą doktorską, została zakończona przygotowaniem cyklu 5 jednotematycznych publikacji naukowych, które zostały opublikowane w renomowanych międzynarodowych czasopismach naukowych. We wrześniu 2017 r., po przedłożeniu rozprawy doktorskiej i po spełnieniu wszystkich wymogów formalnych, uzyskałam stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii. Praca doktorska została wyróżniona przez Dyрекcję oraz Radę Naukową Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego.

W trakcie pracy w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym, obok prac laboratoryjnych i doświadczalnych uczestniczyłam w przygotowywaniu szeregu publikacji naukowych z zakresu: występowania i oceny pozostałości środków ochrony roślin, oszacowania narażenia konsumentów na pozostałości tych substancji pobieranych z żywnością, zanikania pozostałości substancji czynnych w owocach i warzywach, a także opracowywania nowych metod analitycznych. Dorobek naukowy z tego okresu pracy stanowi 9 publikacji, w prestiżowych w czasopismach posiadających współczynnik wpływu *Impact Factor* (260 pkt), a także 45 recenzowanych publikacji naukowych wymienionych w części B wykazu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, obecnie Ministerstwa Edukacji i Nauki (309 pkt). Jestem również współautorką rozdziału w monografii naukowej (5 pkt) oraz współautorką 4 prac popularnonaukowych (wykaz publikacji znajduje się w Załączniku 4, część I, publikacja H5; część II, publikacje: P1 – P55). Aktywnie uczestniczyłam w sesjach i konferencjach naukowych, w tym 9 konferencjach zagranicznych oraz 14 konferencjach krajowych, prezentując wyniki swoich prac w formie posterów i referatów.

7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

7.1. Działalność dydaktyczna

- Prowadzone zajęcia dydaktyczne

Od początku swojej pracy zawodowej jako nauczyciel akademicki aktywnie uczestniczę w procesie dydaktycznym. Prowadziłam lub współprowadziłam zajęcia z następujących przedmiotów dla kierunku biotechnologia: *Biotechnologia w ochronie środowiska* (ćwiczenia laboratoryjne), *Biotechnologia żywności* (ćwiczenia laboratoryjne), *Chemia organiczna* (ćwiczenia laboratoryjne), *Chemia fizyczna* (ćwiczenia laboratoryjne), *Analiza instrumentalna* (ćwiczenia laboratoryjne), *Techniki laboratoryjne w biologii eksperymentalnej* (ćwiczenia laboratoryjne), *Biochemiczna analiza instrumentalna* (ćwiczenia laboratoryjne), *Synteza i oczyszczanie bioproduktów* (ćwiczenia laboratoryjne), *Biochemiczna analiza instrumentalna moduł II* (ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: biologia), *Systemy zarządzania jakością w praktyce laboratoryjnej* (wykład) oraz *Techniki chromatograficzne* (wykład). Prowadziłam również pracownie: dyplomową, magisterską, metodyczną oraz specjalistyczną, jak również seminarium dyplomowe dla kierunku biotechnologia.

W ramach pracy dydaktycznej prowadziłam również zajęcia w języku angielskim dla studentów pochodzących z zagranicy w zakresie Training Student Mobility z Narodowego Uniwersytetu Lwowskiego, Medycyny Weterynaryjnej i Biotechnologii im. Stefana Grzyckiego

(2019 r.) oraz studentki III roku studiów biomedycznych z Universität Zürich, Szwajcaria (2019 r.) - realizowane tematy: determination of pesticide residues in plant material by GC-ECD technique; determination of fatty acids in edible oils by GC-MS technique.

W trakcie pracy w Laboratorium Badania Pozostałości Środków Ochrony Roślin Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Rzeszowie prowadziłam seminarium dyplomowe dla studentów kierunku ochrona środowiska Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego (2012 r.) oraz realizowałam cykliczne szkolenia z zakresu badania pozostałości środków ochrony roślin dla uczniów z Zespołu Szkół Centrum Kształcenia Rolniczego im. prof. Wł. Szafera w Rzemieniu (2011 r., 2012 r. i 2013 r.).

- Promotorstwo prac doktorskich, magisterskich i inżynierskich

W trakcie mojej pracy pełniłam rolę opiekuna naukowego studentów, którzy z powodzeniem realizowali tematy badawcze będące przedmiotem ich prac inżynierskich i magisterskich, a w rezultacie zostali współautorami 2 manuskryptów, które zostały opublikowane w renomowanych czasopismach ([Załącznik 4, część II, publikacja P62 i P63](#)). W sumie pełniłam rolę promotora w 5 pracach inżynierskich oraz 5 pracach magisterskich (kolejne 4 obrony planowane są na luty i lipiec 2024 r.).

Przeprowadziłam również recenzje łącznie 18 prac dyplomowych.

Obecnie pełnię funkcję promotora pomocniczego doktoranta mgr inż. Jana Cichońskiego w pracy nt: *„Biosynteza karotenoidów i związków fenolowych w mikroglonach z rodziny Chlorellaceae w warunkach stresowych”* (od 2022 r.).

- Opieka nad osobami odbywającymi staże oraz praktyki

Pełniłam funkcję opiekuna studentów z Wydziału Chemicznego Politechniki Rzeszowskiej odbywających staże absolwenckie (4 osoby) i praktyki studenckie (36 osoby) w latach 2008 – 2017.

7.2. Działalność organizacyjna

- Członek Kolegialnej Komisji Wyborczej Uniwersytetu Rzeszowskiego, kadencja 2019 - 2023 r.;
- Zespół do opracowania nowego kierunku Biologia Farmaceutyczna od 2019 r.;
- Zespół do oceny infrastruktury i zasobów materialnych - funkcja osoby nadzorującej od 2021 r.;
- Członek Rady Programowej Kierunku Biotechnologia od 2021r. ;
- Opiekun Roku na kierunku Biotechnologia dla rocznika rozpoczynającego naukę w roku akademickim 2020/2021 (studia I st.) i 2022/2023 (studnia II st.).

7.3. Działalność popularyzatorska

- Udział w ogólnopolskiej akcji *„Noc Biologów”* - przygotowywanie pokazów i warsztatów laboratoryjnych (wszystkie edycje od 2019 do 2023 r.);

- W ramach współpracy z otoczeniem - organizowanie warsztatów laboratoryjnych dla I Liceum Ogólnokształcącego w Jarosławiu (II klasa o profilu biologiczno-chemicznym); realizowany temat: „Chromatografia bez tajemnic” (2022 r.)

7.4. Nagrody i wyróżnienia

- Nagroda Dyrektora Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego za publikację w czasopiśmie z IF (2013 r.);
- Odznaka Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi „Zasłużony dla rolnictwa” (2017 r.);
- Wyróżnienie Rozprawy Doktorskiej pt: „Analityka i kinetyka rozkładu pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym o dużej zawartości chlorofilu” przez Dyрекcję i Radę Naukową Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (2017 r.) (Załącznik 7).

7.5. Liczbowe zestawienie dotychczasowego dorobku naukowego

Publikacje naukowe w czasopismach ze współczynnikiem wpływu (<i>Impact Factor</i> , IF) znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Reports</i>	
Liczba publikacji	19**
Sumaryczny <i>Impact Factor</i> zgodny z rokiem opublikowania	56,739**
Łączna liczba punktów wg listy MNiSW/MEiN* za publikacje z <i>Impact Factor</i>	1370
Pozostałe prace naukowe opublikowane w czasopismach umieszczonych w wykazie czasopism naukowych MNiSW/MEiN*	
Liczba publikacji	45
Łączna liczba punktów wg listy MNiSW/MEiN*	589
Artykuły popularno-naukowe	
Liczba publikacji	4
Monografie, rozdziały w monografii	
Liczba publikacji	1
Łączna liczba punktów wg listy MNiSW/MEiN*	5
Doniesienia z konferencji międzynarodowych	
Liczba publikacji	15
Materiały z konferencji krajowych w formie pełnego tekstu	
Liczba publikacji	2

Materiały z konferencji krajowych w formie streszczeń	
Liczba publikacji	44
Łączna liczba punktów wg klasyfikacji MNiSW/MEiN*	1964
Liczba cytowań publikacji	
Według bazy <i>Web of Science</i> (WoS)	281 (bez autocytacji – 261)
Według bazy <i>Scopus</i>	353 (bez autocytacji – 331)
Indeks Hirscha	
Według bazy <i>Web of Science</i> (WoS)	10
Według bazy <i>Scopus</i>	11

*Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW), od 1 stycznia 2021 r. Ministerstwo Edukacji i Nauki (MEiN)

**publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Wykaz cytowanej literatury:

1. Abubakar Y., Tijjani H., Egbuna C., Adetunji C. O., Kala S., Kryeziu T. L., Patrick-Iwuanyanwu K. C. 2020. Pesticides, History, and Classification, Rodział 3. *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 29–42. Red.: Chukwuebuka Egbuna, Barbara Sawicka. DOI:10.1016/b978-0-12-819304-4.00003-8.
2. Umetsu N, Shirai Y. 2020. Development of novel pesticides in the 21st century. *Journal of Pest Science*, 45(2):54–74. DOI: 10.1584/jpestics.D20-201.
3. Pan Y., Ren Y., Luning P. A. 2021. Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products—A review. *Food Control*. 122, 107788 DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107788.
4. World Health Organization (WHO) 2022. Pesticide residues in food. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>.
5. Zhang W., Pang S., Lin Z., Mishra S., Bhatt P., Chen S. 2021. Biotransformation of perfluoroalkyl acid precursors from various environmental systems: Advances and perspectives. *Environmental Pollution*. 272:115908. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115908.
6. World Health Organization (WHO) 2015. International Code of Conduct on Pesticide Management: Guidelines on Pesticide Legislation. Geneva: *World Health Organization*. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199175/9789241509923_eng.pdf.

7. Sharma A., Kumar V., Shahzad B., Tanveer M., Sidhu G. P. S., Handa N., Kohli S. K., Yadav P., Bali A. S., Parihar R. D., Dar O. I., Singh K., Jasrotia S., Bakshi P., Ramakrishnan M., Kumar S., Bhardwaj R., Thukral A. K. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11): 1–16. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
8. Słowik-Borowiec M. 2015. Validation of a QuEChERS-based gas chromatographic method for multiresidue pesticide analysis in fresh peppermint including studies of matrix effects. *Food Analytical Methods*. 8: 1413–1424. DOI: 10.1007/s12161-014-0027-0.
9. Mostafalou S., Abdollahi M. 2013. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 268(2):157–77. DOI: 10.1016/j.taap.2013.01.025.
10. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:pl:PDF>
11. Dyrektywa Komisji (UE) 2019/782 z dnia 15 maja 2019 r. zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE w odniesieniu do ustanowienia zharmonizowanych wskaźników ryzyka: <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-UE/dyrektywa-2019-782-zmieniajaca-dyrektywe-parlamentu-europejskiego-i-rady-69184916>.
12. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:en:PDF>.
13. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1185/2009 z dnia 25 listopada 2009 r. w sprawie statystyk dotyczących pestycydów (Tekst mający znaczenie dla EOG): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1185>
14. Rejestr środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu zezwoleniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/rejestr-rodkow-ochrony-roslin>.
15. Rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz na ich powierzchni, zmieniające dyrektywę Rady 91/414/EWG: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02005R0396-20140202&qid=1407160478177&from=PL>
16. Keikotlhaile B., Spanoghe P. 2011. Pesticide residues in fruits and vegetables in Pesticides—Formulations, Effects, Fate. Stoytcheva M. (Ed.), InTech, <http://www.intechopen.com/books/pesticides-formulations-effects-fate/pesticide-residues-in-fruits-and-vegetables>.

17. Słowik-Borowiec M. 2016. Dissipation kinetics of alpha-cypermethrin and lambda-cyhalothrin residues in aboveground part of white mustard (*Sinapis alba* L.). *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 51(9): 628–33. DOI: 10.1080/03601234.2016.1181913. Epub 2016 May 26.
18. European Food Safety Authority (EFSA) 2022. The 2020 European Union report on pesticide residues in food. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7215>. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7216/full>.
19. European Food Safety Authority (EFSA) 2023. Report for 2021 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2023.EN-7886>
20. El-Mesery H. S., Mao H., Abomohra A. E. F. 2019. Applications of non-destructive technologies for agricultural and food products quality inspection. *Sensors*. 19(4): 1–23. <https://doi.org/10.3390/s19040846>
21. Sindhu S., Manickavasagan A. 2023. Nondestructive testing methods for pesticide residue in food commodities: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 22: 1226–1256. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13109>
22. Kaushik G., Chel A., Gadekar, A. 2017. Methods of Pesticide Residues Reduction in Grains. *Pesticide Residue in Foods*, 119–133. doi:10.1007/978-3-319-52683-6_7
23. Bajwa U., Sandhu K. S. 2014. Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review. *Journal of Food Science and Technology*. 51(2):201–20. DOI: 10.1007/s13197-011-0499-5. Epub 2011 Aug 26. PMID: 24493878; PMCID: PMC3907644.
24. Bajwa U., Sandhu K. S. 2011. Effect of handling and processing on pesticide residues in food- A review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*. 51(2). DOI: 10.1007/s13197-011-0499-5.
25. Ibáñez E., Cifuentes A. 2020. Moving forward to greener extraction techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 122, 115698. DOI: 10.1016/j.trac.2019.115698
26. Billiard K. M., Dershem A. R., Gionfriddo E. 2020. Implementing Green Analytical Methodologies Using Solid-Phase Microextraction: A Review. *Molecules*. 25, 5297. <https://doi.org/10.3390/molecules25225297>
27. Słowik-Borowiec M., Walorczyk S. 2016. QuEChERS-Based Methods for the Determination of Pesticide Residues in a Dill Using Gas Chromatography with Electron Capture and Nitrogen Phosphorus Detection. *Food Analytical Methods*. 9:1562–1572. DOI 10.1007/s12161-015-0333-1.
28. PN-EN 15662:2018-06 „Żywność pochodzenia roślinnego -- Multimetoda do oznaczania pozostałości pestycydów z zastosowaniem analizy opartej na GC i LC po ekstrakcji/podziale acetonitrylem i oczyszczaniu metodą dyspersyjnej SPE -- Metoda modułowa QuEChERS”. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2018; ss. 1–82.
29. SANTE/11945/2015 European Commission Directorate General for Health and Food Safety. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. 2015. ss. 42: http://ec.europa.eu/food/plant/docs/plant_pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_11945_en.pdf.

30. SANTE/11813/2017 European Commission Directorate General for Health and Food Safety. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. 2018. ss. 46: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2017-11813.pdf
31. SANTE/12682/2019 European Commission Directorate General for Health and Food Safety. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed. 2019. ss. 53: https://www.eurlpesticides.eu/userfiles/file/EurlALL/AqcGuidance_SANTE_2019_12682.pdf
32. SANTE 11312/2021 European Commission Directorate General Health and Consumer Protection. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. 2021. ss. 57: <https://www.accredia.it/en/documento/guidance-sante-11312-2021-analytical-quality-control-and-method-validation-procedures-for-pesticide-residues-analysis-in-food-and-feed/>
33. Farahy O., Laghfi M., Bourioug M., Aleya L. 2021. Overview of pesticide use in Moroccan apple orchards and its effects on the environment *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 19: 100223. DOI 10.1016/j.coesh.2020.10.01
34. Hrynyk I., Kaczyński P., Pietruszyńska P., Łozowicka B. 2023. The effect of food thermal processes on the residue concentration of systemic and non-systemic pesticides in apples. *Food Control*. 143: 109267. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109267>.
35. Khay S., Choi J., Abd El-Aty M. 2008. Dissipation behavior of lufenuron, benzoyphenylurea insecticide, in/on Chinese cabbage applied by foliar spraying under greenhouse condition. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 81: 369–372. DOI 10.1007/s00128-008-9490-x.
36. Rozporządzenie delegowane 2016/127 uzupełniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 609/2013 w odniesieniu do szczegółowych wymogów dotyczących składu preparatów do początkowego żywienia niemowląt i preparatów do dalszego żywienia niemowląt oraz informacji na ich temat, a także w odniesieniu do informacji dotyczących żywienia niemowląt i małych dzieci: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0127&from=LT>.
37. Rozporządzenie 609/2013 w sprawie żywności przeznaczonej dla niemowląt i małych dzieci oraz żywności specjalnego przeznaczenia medycznego i środków spożywczych zastępujących całodzienną dietę, do kontroli masy ciała oraz uchylające dyrektywę Rady 92/52/EWG, dyrektywy Komisji 96/8/WE, 1999/21/WE, 2006/125/WE i 2006/141/WE, dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/39/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 41/2009 i (WE) nr 953/2009: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02013R0609-20170711&from=EN>.
38. Matyjaszczyk E. 2020. Protection possibilities of agricultural minor crops in the European Union: a case study of soybean, lupin and camelina. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 127: 55–61. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00273-1>

39. Richard B., Qi A., Fitt B. D. L. 2022. Control of crop diseases through Integrated Crop Management to deliver climate-smart farming systems for low- and high-input crop production. *Plant Pathology*. 71: 187–206. <https://doi.org/10.1111/ppa.13493>.

Rzeszów, 25.09.2023 r.

Magdalena Słomik-Borowiec

(podpis)