

# A U T O R E F E R A T

**Dr inż. Kamila Klimek**

---

---

UNIwersytet PRZYRODniczy w LUBLINIE

Wydział Inżynierii Produkcji

Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki

ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

e-mail [kamila.klimek@up.lublin.pl](mailto:kamila.klimek@up.lublin.pl)

---

---

*Kamila Klimek*

Lublin 2018

## Spis treści

1.	Dane personalne.....	3
2.	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4.	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (dz.u. Nr 65, poz. 595 ze zm.).....	4
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.2.	Omówienie celu naukowego ww. Pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	5
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	20
5.1.	Osiągnięcia naukowo-badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora.....	20
5.2.	Osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora.....	21
6.	Autorstwo lub współautorstwo prac naukowych lub innych prac twórczych.....	28
7.	Bibliometryczne podsumowanie osiągnięć naukowych.....	29

*Kamila Klimek*

## 1. DANE PERSONALNE

### Imię i nazwisko

Kamila Ewa Klimek

### Miejsce zatrudnienia

Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki

Wydział Inżynierii Produkcji

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Głęboka 28, 20-068 Lublin

tel. 81 52-47-157 2.

## 2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

- **2007 r. dyplom inżyniera**, Wydział Inżynierii Produkcji, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie), kierunek technika komputerowa w inżynierii rolniczej.

**Tytuł pracy inżynierskiej:** „Biblioteka danych w programie AutoCAD do projektowania architektury krajobrazu, parków i ogrodów”, wykonana w Katedrze Podstaw Techniki.

Promotor: dr inż. Zbigniew Krzysiak

Recenzent: dr Mieczysław Kuczyński

- **2008 r. dyplom magistra inżyniera:** Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, kierunek technika komputerowa w inżynierii rolniczej.

**Tytuł pracy magisterskiej:** „Przetwarzanie obiektów w komputerowej grafice prezentacyjnej”, wykonana w Katedrze Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej.

Promotor: dr inż. Ryszard Siwiło

Recenzent: dr Mieczysław Kuczyński

- **2013 r. stopień doktora nauk rolniczych w zakresie inżynierii rolniczej** – Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Tytuł rozprawy doktorskiej:** „Zastosowanie programu SAS do analizy danych opisanych modelami liniowymi w inżynierii rolniczej”, wykonana w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki

Promotor: prof. dr hab. Zofia Hanusz

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław Mejza

Recenzent: dr hab. Andrzej Marciniak

*Kamila Klimek*

- **2014 r. dyplom magistra zarządzania:** Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, kierunek Zarządzanie w Inżynierii Produkcji.  
**Tytuł pracy magisterskiej:** „Analiza struktury demograficznej studentów Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie”, wykonana w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki  
Promotor: dr Agnieszka Kamińska  
Recenzent: dr hab. Grzegorz Łysiak
- **2009 r.** dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie „**Pedagogika**”, Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Administracji, Lublin;
- **2011 r.** dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie „**Statystyka w Biznesie w programie SAS**”, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski.
- **2012 r.** dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie „**Matematyka**”, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Matematyki, fizyki i chemii,
- **2015 r.** dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie „**Analiza danych**”, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Matematyki, fizyki i chemii,

### **3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH**

2008-2013 – doktorant, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki

01.02.2013 – 29.10.2014 – asystent w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,

30.10.2014 – do chwili obecnej – adiunkt w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

### **4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ.U. NR 65, POZ. 595 ZE ZM.)**

#### **4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego**

Osiągnięciem, będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest monografia pt.:

*„Ocena wykorzystania ozonu gazowego do przedłużania trwałości  
świeżych roślin przyprawowych”*

(załącznik IV; Rozprawa Naukowa, Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis, ISSN 978-83-65943-02-6).

Recenzent: prof. dr hab. Marzena Błażewicz-Woźniak

Recenzent: prof. dr hab. Marian Panasiewicz

*Kamila Klimek*

## 4.2. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

### WPROWADZENIE

Rośliny są głównym źródłem naturalnych substancji biologicznie aktywnych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzi i zwierząt. Szczególnie wysoką wartość odżywczą mają świeżo zebrane lub przechowywane w optymalnych warunkach warzywa i rośliny przyprawowe [Najda 2004, Najda 2017a]. Chcąc zachować wysoką ich jakość po zbiorze, należy stworzyć warunki, które ograniczą intensywność procesów życiowych na tyle, aby z jednej strony utrzymać tkankę roślin przy życiu, z drugiej zaś strony zatrzymać lub spowolnić proces starzenia. Ponieważ świeże warzywa i rośliny przyprawowe zawierają dużo wody, są one narażone na więdnienie i uszkodzenia mechaniczne. Tym samym stanowią doskonałą pożywkę dla rozwoju różnych organizmów powodujących ich gnicie, a także straty ilościowe, jak i jakościowe substancji czynnych [Chen J i Ho 1997, Błażewicz-Woźniak 2006, Christaki i in. 2012, Köberl i in. 2013]. Szacuje się, że wysokość strat powstających od chwili zbioru owoców i warzyw do momentu ich konsumpcji lub przetwarzania w krajach rozwiniętych kształtuje się na poziomie 15%, natomiast w krajach rozwijających się wynosi około 40%. W skali globalnej straty te szacowane są na 35% i zwiększają się wraz z przedłużeniem okresu przechowywania świeżych warzyw [Adamicki 2008, Dzwolak 2008, Najda i in. 2018].

Przeprowadzono wiele badań mających na celu ocenę wpływu gazowego ozonu na stan niektórych owoców i warzyw (papryka, pomidor, bakłażan, papaja) w czasie ich przechowywania. Badania te wskazują, że ozon powoduje znaczne zmniejszenie zanieczyszczającej mikroflory i przedłuża okres przydatności do spożycia [Krasowiak i in. 2007, Rodoni i in. 2010, Antos i in. 2013, Balawejder i in. 2014, Sachadyn-Król i in. 2016, Chitravathi i in. 2015, Najda i in. 2018, Sachadyn-Król i in. 2018]. Jednak w dostępnym piśmiennictwie brak jest danych dotyczących skuteczności ozonu w modyfikowaniu trwałości świeżych roślin przyprawowych. Rośliny aromatyczne tj.: bazylika, mięta, lebiodka, tymianek, pietruszka naciowa, seler listkowy i naciowy zawierają różne związki bioaktywne, co czyni je bardzo ważnymi dla ludzkiej diety i zdrowia [Martins i in. 2001, Sospedra i in. 2010, Perry i Yousef 2011, Vitullo i in. 2011, Kozłowicz i in. 2011, Toma i Faqi Abdulla 2013, Kryża i in. 2015]. W ostatnich latach wykazano, że zawarte w nich związki mają działanie przeciwnowotworowe, obniżają ciśnienie tętnicze krwi i zmniejszają ryzyko występowania chorób cywilizacyjnych i dietozależnych (choroba wieńcowa serca, cukrzyca, otyłość, alergia) [Carlsen i in. 2011, Panickar 2013, Benzie i Choi 2014, Jungbauer i Medjakovic 2014, Opara i Chohan 2014, Najda 2017b].

Wzrost świadomości konsumentów na temat znaczenia właściwego odżywiania powoduje, że coraz częściej zwracają oni uwagę na żywność pochodzenia roślinnego jako źródło cennych dla organizmu związków. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że sięgają oni po produkty świeże, ale o dłuższej przydatności do spożycia. Stosowane do tej pory

*Kamila Klimek*

metody przedłużania trwałości warzyw ciętych przeznaczonych na bezpośrednie spożycie, lub warzyw minimalnie przetworzonych, powodują znaczną redukcję zakaźnej mikroflory przy obserwowanej zmianie lub nawet stracie ich cennych składników, takich jak: olejek eteryczny i inne metabolity wtórne (polifenole, flawonoidy, kwasy fenolowe, karotenoidy) [Cowan 1999, Greathead 2003, Cai i in. 2004, Gawlik-Dziki 2004, Duschatzky i in. 2005, Gajc-Wolska i in. 2006, Najda 2017b, Wolski i in. 2017, Gartner i in. 2017].

## OBIEKT BADAŃ

Doświadczenie uprawowe przeprowadzono w latach 2015-2017 w wolno stojącej, ogrzewanej szklarni, usytuowanej w kierunku północno-południowym w Gospodarstwie Produkcyjnym w Niegosławicach, woj. świętokrzyskie. W każdym roku doświadczenie prowadzono w terminie od 22 lutego do 15 maja. Warunki termiczne w szklarni w okresie grzewczym, trwającym do końca kwietnia, dostosowano do wymagań klimatycznych uprawianych gatunków, utrzymując temperaturę w zakresie 18–25°C w dzień. W pozostałym czasie temperatura zależna była od przebiegu pogody, nie dopuszczano jednak, aby przekroczyła 28°C. Badanymi gatunkami roślin przyprawowych były: mięta pieprzowa (*Mentha x piperita* L.), bazylia pospolita zielonolistna typu słodkiego (*Ocimum basilicum* L. Darrah), lebiodka pospolita (*Origanum vulgare* L.), rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis* L.) oraz pietruszka naciowa (*Petroselinum sativum* L. ssp. *crispum*).

W kolejnych latach doświadczenia, między 22 a 28 lutego, w szklarni na stołach przesuwanych ustawiono pojemniki o pojemności 720 cm<sup>3</sup> wypełnione substratem torfowym (zawartość składników pokarmowych w mg na 1 dm<sup>3</sup>: N 110, P 75, K 116, Mg 70; EC 0,92 mS · cm<sup>-1</sup>; pH 6,2), przeznaczonym do uprawy warzyw i roślin zielarskich. Eksperymenty przeprowadzono jako jednoczynnikowe, w 4 replikacjach, po 10 jednostek w każdej replikacji (40 jednostek eksperymentalnych w obrębie poziomu). Jednostką eksperymentalną była jedna doniczka. W doświadczeniach wykorzystano materiał siewny holenderskiej firmy nasiennej Agrisemen. Nasiona badanych gatunków wysiewano rzutowo, rozkładając je równomiernie na całej powierzchni doniczki. Gdy rośliny wytworzyły 2-3 liście właściwe, w każdej doniczce pozostawiono po jednej, najsilniejszej roślinie. W trakcie wegetacji rośliny w szklarni pielęgnowano zgodnie z wymaganiami dla każdego gatunku, wrywano pojedyncze chwasty, napowietrzano podłoże poprzez nakłuwanie pazurkami i podlewano utrzymując niezbędną wilgotność. W czasie trwania eksperymentu nie prowadzono chemicznej ochrony roślin. Zastosowano ochronę biologiczną przeciwko mączlikowi, zawieszając na roślinach kartoniki z dobrotnicą szklarniową (*Encarsia formosa* Gah.) w liczbie 4 osobników na m<sup>2</sup>. Liczebność szkodników (mączlik szklarniowy, ziemiorci) oceniano przez umieszczenie nad doniczkami żółtych tablic lepowych.

W chwili osiągnięcia dojrzałości zbiorczej rośliny w doniczkach przewieziono do Laboratorium Jakości Warzyw i Surowców Zielarskich UP w Lublinie. Zbioru roślin dokonywano jednorazowo, ścinając ziele na wysokości 1,5–2,0 cm nad powierzchnią

*Kamila Klimek*

podłoża, od 10 do 15 maja (faza wegetatywna). W czasie zbioru dokonywano oceny plonu masy świeżego ziela (g z doniczki tj. z 1 rośliny). Następnie surowce z każdego gatunku i rośliny rozdzielono na próbki o masie 100 g, które stanowiły powtórzenia. Zebrany materiał roślinny poddano badaniom zgodnie ze schematem doświadczeń.

### **Doświadczenie I**

#### **Wartość biologiczna wybranych gatunków roślin przyprawowych w zależności od czasu ekspozycji ozonem**

Badania prowadzono na materiale roślinnym pozyskanym z uprawy pojemnikowej w szklarni w latach 2015 i 2016. Próbki świeżych surowców o masie 100 g poddano ekspozycji ozonem w stałym stężeniu 2,5 ppm odpowiednio przez 0, 10, 20 i 30 minut w hali doświadczalnej przedsiębiorstwa EUREKA w Lublinie zajmującego się projektowaniem i wdrożeniami wielu unikalnych rozwiązań technicznych dla przemysłu spożywczo-rolnego. Próba stanowiąca obiekt kontrolny przetrzymywana była w identycznych warunkach, lecz bez dostępu ozonu. Surowce stanowiące materiał badawczy poddano analizie jakości przed i po ozonowaniu w celu oznaczenia wartości biologicznej. Oznaczono także ubytek świeżej masy surowca po ekspozycji na ozon.

### **Doświadczenie II**

#### **Ocena przydatności ozonu gazowego do przedłużania trwałości ciętych roślin przyprawowych**

Materiał badawczy stanowiły części konsumpcyjne roślin przyprawowych pozyskane z uprawy pojemnikowej w szklarni w latach 2016 i 2017. Opierając się na wynikach pierwszego eksperymentu zdecydowano, że próbki świeżych surowców o masie 100 g będą przez 20 min poddawane ekspozycji na ozon w różnym stężeniu odpowiednio 0,3 ppm; 0,6 ppm i 0,9 ppm. Po tym zabiegu część materiału roślinnego umieszczono lodówce (w temperaturze 2°C i wilgotności około 60%) luzem lub w opakowaniu z folii perforowanej (100 otworów/m<sup>2</sup>) przez 1 i 7 dni. Próba stanowiąca obiekt kontrolny przechowywana była w identycznych warunkach, lecz bez wcześniejszego traktowania ozonem.

Analizie jakościowej poddano próbę kontrolną przed ozonowaniem, następnie część materiału roślinnego bezpośrednio po ozonowaniu oraz po przechowywaniu w lodówce. Surowce stanowiące materiał badawczy w eksperymentach poddano analizie jakości przed i po ozonowaniu oraz przed i po przechowywaniu przez 1 i 7 dni w opakowaniu i luzem.

### **SZCZEGÓŁOWE CELE BADAŃ**

Cel naukowy badań obejmował realizację następujących zagadnień:



- ocenę wartości biologicznej wybranych gatunków roślin przyprawowych w zależności od czasu ekspozycji ozonem;
- określenie przydatności ozonu gazowego do przedłużania trwałości ciętych roślin przyprawowych (bazylija pospolita, mięta pieprzowa, lebiodka pospolita, pietruszka naciowa, rozmaryn lekarski);
- określenie zależności pomiędzy ekspozycją i czasem ozonowania a trwałością świeżych roślin przyprawowych;
- opracowanie metody wykorzystującej właściwości ozonu do przedłużenia trwałości przechowalniczej świeżych roślin przyprawowych w warunkach nie chłodniczych.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

### WARTOŚĆ BIOLOGICZNA WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD CZASU EKSPOZYCJI OZONEM

Analizując uzyskane wyniki wykazano, iż ubytek masy w częściach konsumpcyjnych badanych roślin zależał od gatunku i czasu ekspozycji na ozon. Wykazano, że ubytek masy po 10 minutach kształtował się na poziomie od 2% w przypadku rozmarynu lekarskiego do 8% w przypadku pietruszki naciowej w odniesieniu do surowców nieozonowanych. Obserwowano straty masy wywołane procesem ozonowania, przy czym szczególnie dużo świeżej masy traciły surowce, które ozonowano przez 30 minut (od 4 do 12%). Najmniejszy ubytek masy odnotowano w częściach konsumpcyjnych rozmarynu, zaś najwięcej masy traciły surowce pietruszki naciowej i bazylii pospolitej.

Wartość biologiczna badanych gatunków roślin przyprawowych nie różniła się istotnie w poszczególnych latach badań. Porównując badane gatunki wykazano, że ziele rozmarynu lekarskiego charakteryzowało się największą zawartością suchej masy (od 28,65 do 30,20%) we wszystkich latach badań.

Stwierdzono, że czas ekspozycji ozonem istotnie modyfikował zawartość suchej masy w badanych roślinach, przy czym ekspozycja surowca przez 10 i 20 minut powodowała zmniejszenie zawartości suchej masy w porównaniu do zawartości w próbach kontrolnych (bez ozonowania). Przedłużenie czasu ozonowania do 30 minut powodowało wzrost zawartości suchej masy we wszystkich próbach, przewyższając istotnie jej zawartość w porównaniu do kontroli u mięty pieprzowej.

Największą zawartością kwasu L-askorbinowego spośród badanych roślin przyprawowych we wszystkich latach badań charakteryzowała się pietruszka naciowa. Niezależnie od gatunku obserwowano korzystny wpływ ozonowania przez 10 i 20 minut na zawartość kwasu L-askorbinowego w surowcach. Przedłużenie czasu ozonowania do 30 minut powodowało zmniejszenie zawartości tego składnika w surowcu, szczególnie w ziele pietruszki naciowej.

Zawartość karotenoidów była także modyfikowana czynnikami eksperymentu. We wszystkich latach badań ziele mięty pieprzowej i lebiodka pospolitej charakteryzowało się największą zawartością karotenoidów (odpowiednio od 44,45 do 64,70 mg·100g<sup>-1</sup> i od

*Kamila Klimek*



38,15 do 65,41 mg·100g<sup>-1</sup>). Najmniej karotenoidów oznaczono w ziele pietruszki naciowej (4,49–8,90 mg·100g<sup>-1</sup>).

Analizując wpływ czasu ozonowania wykazano, że surowce poddane temu procesowi przez 10 minut zawierały więcej karotenoidów w porównaniu z kontrolą. Przedłużenie czasu ozonowania o kolejne 10 minut korzystnie wpłynęło na zwiększenie ich zawartości w ziele wszystkich badanych roślin, natomiast ozonowanie przez 30 minut miało negatywny wpływ na zawartość karotenoidów w pietruszce naciowej i rozmarynie, a w przypadku pozostałych gatunków roślin było porównywalne z ekspozycją przez 10 minut.

### OLEJEK ETERYCZNY

W ocenie wartości biologicznej badanych gatunków roślin przyprawowych uwzględniono zawartość wybranych metabolitów wtórnych, w tym olejku eterycznego oraz związków flawonoidowych i sumy polifenoli, uważanych za najważniejszą grupę wśród naturalnych antyoksydantów [Najda 2017a].

Średnia zawartość olejku eterycznego w badanych surowcach roślinnych nietraktowanych ozonem kształtowała się na poziomie: 1,82% – mięta pieprzowa, 0,45% – lebidka pospolita, 0,22% – bazylika pospolita, 0,19% – rozmaryn lekarski i 0,026% – pietruszka naciowa. Obserwowano straty olejku eterycznego we wszystkich surowcach poddanych procesowi ozonowania, przy czym już ekspozycja przez 10 minut powodowała znaczne zmniejszenie zawartości olejku eterycznego i była statystycznie istotna w porównaniu do zawartości olejku w próbie kontrolnej. Nie wykazano większych strat olejku eterycznego pomiędzy próbkami ozonowanymi przez 10 i 20 minut. Przedłużenie czasu ozonowania do 30 minut powodowało drastyczne zmniejszenie zawartości tego składnika we wszystkich analizowanych próbkach. Zawartość olejku eterycznego w częściach konsumpcyjnych roślin przyprawowych zazwyczaj zależy od warunków klimatycznych w poszczególnych latach badań i procesów pozbiorecznych, którymi traktowane są surowce. Rozpatrując ilość olejku eterycznego w surowcach badanych gatunków wykazano różnice w zawartości tego składnika w poszczególnych latach badań. Analizując uzyskane wyniki wykazano, iż ziele mięty pieprzowej, bazylii i lebidki zawierało więcej olejku eterycznego w roku 2016, natomiast w surowcu rozmarynu i pietruszki naciowej większe ilości tego składnika stwierdzono w 2015 r..

### POLIFENOLE I AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNA

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy fitochemicznej stwierdzono różnice między badanymi gatunkami roślin przyprawowych pod względem zawartości flawonoidów. W próbkach kontrolnych największą zawartość flawonoidów wykazano w częściach konsumpcyjnych pietruszki naciowej (średnio 195,1 mg RE·100 g<sup>-1</sup>), najmniejszą zaś w surowcu bazylii pospolitej (81,2 mg RE·100 g<sup>-1</sup>). We wszystkich analizowanych próbkach, niezależnie od gatunku, obserwowano istotny wzrost zawartości flawonoidów w surowcach poddanych ekspozycji ozonem przez 10 i 20 minut. W ziele bazylii pospolitej, lebidki i pietruszki naciowej, które ozonowano przez 30 minut

*Kamila Klimek*

notowano wyraźnie niższy poziom flawonoidów w porównaniu do prób ozonowanych przez 10 i 20 min. Surowiec mięty pieprzowej poddany 30 minutowej ekspozycji ozonem zawierał istotnie mniej flawonoidów niż próba tego surowca ozonowana przez 20 minut i więcej w porównaniu do próby ozonowanej przez 10 min. Inną zależność wykazano w przypadku ziela rozmarynu, w którym zawartość flawonoidów stopniowo wzrastała w surowcu, który ozonowano przez 10 minut ( $177,1 \text{ mg RE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), osiągając największą koncentrację ( $228,5 \text{ mg RE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) w ziele, które ozonowano przez 30 minut. Rozpatrując zawartość flawonoidów w ziele badanych gatunków w poszczególnych latach badań wykazano, że niezależnie od czasu ekspozycji ozonem, surowiec o większej zawartości flawonoidów uzyskano w 2015 roku.

Wykazano różnice ilościowe w zawartości polifenoli w surowcu powodowane zmiennością gatunkową. Największą zawartość polifenoli stwierdzono w ziele lebidki pospolitej ( $460,2\text{-}543,9 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), najmniejszą natomiast w surowcu mięty pieprzowej ( $281,1\text{-}352,4 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Istotnie więcej polifenoli stwierdzono w surowcach poddanych ozonowaniu. Czas ozonowania modyfikował koncentrację związków polifenolowych w częściach konsumpcyjnych badanych gatunków na korzyść 20 minutowej ekspozycji gazem. Stwierdzono zależność pomiędzy czasem ozonowania a zawartością związków polifenolowych, których suma wzrastała po 10 minutach ekspozycji osiągając maksymalne wartości po 20 minutach traktowania ozonem, a następnie ulegała zmniejszeniu w surowcach ozonowanych przez 30 minut. Jedynie w przypadku rozmarynu zmniejszenie to nie było istotne statystycznie.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że stężenie związków polifenolowych było bardzo stabilne w poszczególnych latach, natomiast większe zróżnicowanie pod względem ilościowym odnotowano w odniesieniu do czasu ekspozycji ozonem.

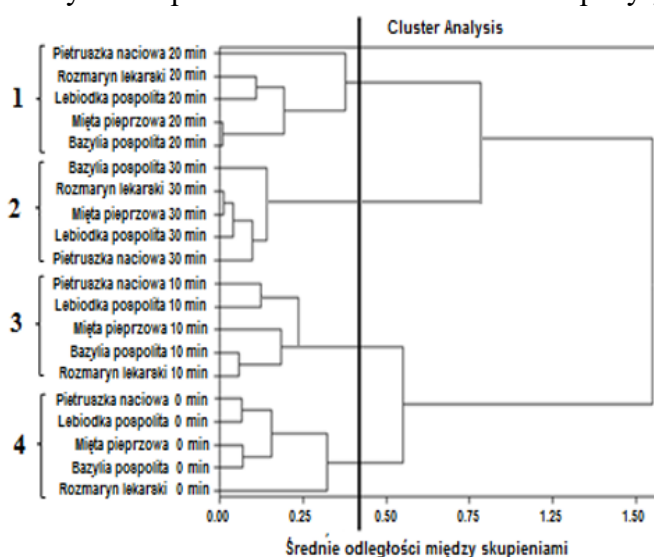
Na podstawie uzyskanych wyników jednoznacznie stwierdzono, że ekstrakty z części konsumpcyjnych rozmarynu lekarskiego i pietruszki naciowej wykazywały najwyższą aktywność przeciwutleniającą (odpowiednio  $42,8\text{-}72,4$ ;  $49,4\text{-}67,5 \mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ ). Najsłabsze wyniki tego testu otrzymano dla ekstraktów z surowca bazylii pospolitej ( $14,2\text{-}17,9 \mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ ), w których również zawartość flawonoidów kształtowała się na najniższym poziomie. Stwierdzono, że niezależnie od gatunku największą zdolnością redukcji wolnego rodnika DPPH cechowały się ekstrakty z surowców, które ozonowano. Wpływ traktowania ozonem zaznaczył się istotnie większą zdolnością do wychwytywania wolnego rodnika DPPH, która wzrastała wprost proporcjonalnie do czasu ekspozycji, osiągając maksymalne wartości w ekstraktach z surowców ozonowanych przez 20 minut. Niższą wartość notowano dla ekstraktów z surowców, które traktowano gazem przez 30 minut, przy czym ekstrakty z ziela pietruszki naciowej cechowały się słabszą zdolnością do wychwytywania wolnego rodnika DPPH po 30 minutach ozonowania w porównaniu do ekstraktów z surowca nieozonowanego. Analizując uzyskane dane stwierdzono istotne zależności między czasem ekspozycji ozonem a zawartością wybranych metabolitów wtórnych w częściach konsumpcyjnych roślin. Wykazano kierunkową dodatnią bardzo silną zależność pomiędzy czasem

*Kamila Klimek*

ozonowania a zawartością kwasu L-askorbinowego, flawonoidów i sumy polifenoli w częściach konsumpcyjnych wszystkich badanych roślin przyprawowych.

### ANALIZA SKUPIEŃ

Analizowane substancje biologicznie czynne w częściach konsumpcyjnych roślin badanych gatunków w zależności od czasu ekspozycji ozonem porównano za pomocą analizy hierarchicznej średniej więzi w celu określenia podobieństwa wpływu czynników eksperymentu. Uzyskanie jednorodnych grup badanych obiektów pozwala określić ich podobny wpływ na zawartość substancji biologicznie czynnych, co pomoże wskazać efektywność procesu ozonowania i czasu ekspozycji gazem.



Rys. 8. Dendrogram dla analizy wybranych substancji biologicznie czynnych i czasu ekspozycji ozonem części konsumpcyjnych badanych gatunków roślin przyprawowych

Analizując dane dla surowców badanych gatunków roślin zaobserwowano cztery skupienia. Na klaster pierwszy składają się surowce pietruszki naciowej, rozmarynu lekarskiego, lebiodki pospolitej, mięty pieprzowej i bazylii pospolitej poddane 20 minutowej ekspozycji ozonem. Klaster drugi wykazuje podobieństwa między zawartością wybranych metabolitów wtórnych w surowcach pod względem czasu ekspozycji ozonem przez 30 minut. W klastrze trzecim zgromadzone zostały surowce roślin

przyprawowych, które ozonowano przez 10 minut, natomiast czwarte zgrupowanie skupia surowce roślin, które stanowiły próbę kontrolną i nie były poddane ozonowaniu. Na podstawie uzyskanych wyników określono wyraźne skupienia, które pozwalają na jednoznaczną interpretację danych. Klaster pierwszy i drugi łączą się ze sobą na kolejnym poziomie i tym samym wskazują pewne podobieństwa w parametrach ocenianych substancji biologicznie czynnych. Na podstawie przeprowadzonej analizy jednoznacznie wykazano, że czas ekspozycji ozonem, którym poddano surowce roślinne, miał wpływ na koncentrację oznaczanych substancji biologicznie czynnych w częściach konsumpcyjnych badanych gatunków roślin przyprawowych.

### WPŁYW STĘŻENIA OZONU NA TRWAŁOŚĆ I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ WYBRANYCH ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH W WARUNKACH PRZECHOWYWANIA

Stężenie ozonu istotnie modyfikowało zawartość suchej masy w badanych roślinach, przy czym w surowcu lebiodki ekspozycja gazem o stężeniu 0,3 ppm powodowała wzrost

*Kamila Klimek*

zawartości suchej masy w porównaniu do zawartości w próbach kontrolnych (bez ozonowania), zaś kolejne zwiększenie stężenia ozonu do 0,6 ppm i 0,9 ppm powodowało stopniowe obniżenie zawartości suchej masy w surowcu. Odmienne zależności stwierdzono odnośnie ziela bazylii pospolitej i mięty pieprzowej, w których ekspozycja ozonem w stężeniu 0,3 ppm powodowała zmniejszenie zawartości suchej masy w surowcu, podczas gdy ozon w stężeniu 0,6 ppm sprzyjał jej zwiększeniu, zwłaszcza w bazylii. Zwiększenie stężenia ozonu do 0,9 ppm powodowało dalszy wzrost zawartości suchej masy w ziele mięty, zaś obniżenie w bazylii. Rośliny rozmarynu lekarskiego traktowane ozonem w stężeniu 0,6 ppm reagowały zmniejszeniem zawartości suchej masy, w porównaniu ze stężeniem 0,3 i 0,9 ppm, a także bez ozonowania. W przypadku pietruszki różnice w zawartości suchej masy w surowcu traktowanym ozonem i bez ozonowania nie były istotne statystycznie.

Zawartość suchej masy w częściach konsumpcyjnych badanych roślin bez ozonowania (kontrola) wahała się na od 16,04% do 32,14%. Porównując badane gatunki stwierdzono, że niezależnie od pozostałych czynników doświadczenia najwięcej suchej masy zawierały części nadziemne rozmarynu lekarskiego, najmniej zaś bazylii pospolitej.

Zgodnie z oczekiwaniami, podczas przechowywania wszystkie surowce stopniowo traciły wodę, przez co wzrastała zawartość suchej masy. Świeże surowce niezależnie od stężenia ozonu charakteryzowały się najmniejszą zawartością suchej masy, największą zaś próby przechowywane przez 7 dni. Ekspozycja surowców ozonem, niezależnie od stężenia i czasu przechowywania skutkowałą wzrostem zawartości suchej masy w ziele wszystkich gatunków w odniesieniu do prób kontrolnych. Rośliny przechowywane luzem bez opakowania w temperaturze +2°C charakteryzowały się większą zawartością suchej masy niż przechowywane w folii perforowanej.

Zawartość kwasu L-askorbinowego w świeżej masie roślin była zróżnicowana i istotnie zależała od gatunku i stężenia ozonu. Najwięcej tego składnika stwierdzono w ziele pietruszki naciowej (110,27-120,10% św.m), a najmniej w surowcu rozmarynu lekarskiego (13,58-15,32% św.m.). Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że rośliny badanych gatunków różniły się pod względem zawartości kwasu L-askorbinowego i w odmienny sposób reagowały na ekspozycję ozonem. W surowcach wszystkich gatunków poddanych ekspozycji ozonem w stężeniu 0,3 ppm stwierdzono wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego. Traktowanie roślin ozonem w stężeniu 0,6 ppm skutkowało zwiększeniem zawartości tego składnika w ziele lebidki pospolitej i mięty pieprzowej, natomiast w przypadku bazylii pospolitej, pietruszki naciowej i rozmarynu lekarskiego obserwowano zmniejszenie zawartości kwasu L-askorbinowego. Ekspozycja ozonem w stężeniu 0,9 ppm powodowała straty zawartości tego składnika we wszystkich badanych gatunkach roślin w stosunku do ekspozycji ozonem w mniejszych stężeniach. Stwierdzono nieznaczny wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego w roślinach po jednym dniu przechowywania, zaś po siedmiu dniach przechowywania notowano drastyczne straty tego składnika w roślinach, niezależnie od gatunku, przy wszystkich stężeniach ozonu. Wykazano istotny wpływ rodzaju opakowania na zawartość kwasu L-askorbinowego w roślinach wszystkich gatunków. Surowce przechowywane

*Kamila Klimek*

w folii perforowanej traciły istotnie więcej tego składnika. Niezależnie od rodzaju opakowania obserwowano wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego w surowcach eksponowanych ozonem w stężeniu 0,3 ppm i 0,6 ppm. Zwiększenie stężenia gazu do 0,9 ppm powodowało statystycznie istotne straty tego składnika w roślinach.

Badane gatunki roślin różniły się pod względem zawartości kwasu L-askorbinowego i odmiennie reagowały na przechowywanie. Zawartość karotenoidów w częściach konsumpcyjnych badanych gatunków roślin w zależności od gatunku i traktowania ozonem kształtowała się na poziomie od 5,92 mg·100g<sup>-1</sup> (pietruszka naciowa) do 68,24 mg·100g<sup>-1</sup> (mięta pieprzowa). Najwięcej tych barwników oznaczono w surowcach po jednym dniu przechowywania bez opakowania. Po 7 dniach przechowywania zawartość karotenoidów zmniejszała się istotnie bez względu na traktowanie ozonem. Surowiec przechowywany bez opakowania zawierał więcej karotenoidów niż opakowany w folię perforowaną.

Ekspozycja ozonem istotnie modyfikowała zawartość karotenoidów w roślinach. W surowcu wszystkich badanych gatunków roślin najmniejszą koncentrację karotenoidów stwierdzono w próbach nieozonowanych, największą zaś traktowanych gazem w stężeniu 0,3 ppm. Wzrost stężenia ozonu do 0,6 ppm nie powodował istotnych zmian w zawartości tych składników, podczas gdy w próbach traktowanych ozonem w stężeniu 0,9 ppm obserwowano istotne zmniejszenie zawartości karotenoidów, szczególnie w przypadku rozmarynu lekarskiego.

#### ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY STĘŻENIEM OZONU A ZAWARTOŚCIĄ WYBRANYCH METABOLITÓW WTÓRNYCH BADANYCH ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH W WARUNKACH PRZECHOWALNICZYCH

Wydajność olejku eterycznego w surowcach roślin przyprawowych w zależności od gatunku i traktowania ozonem kształtowała się na poziomie od 0,012% (pietruszka naciowa) do 1,76% (mięta pieprzowa).

Stwierdzono znaczne zróżnicowanie poziomu analizowanego składnika zależne od stężenia ozonu. Surowce ozonowane charakteryzowały się istotnie mniejszą wydajnością olejku eterycznego. Surowce nieozonowane okazały się bardziej wartościowe pod względem zawartości olejku. W zakresie stężenia ozonu stwierdzono, że rośliny mięty pieprzowej i rozmarynu lekarskiego reagowały na ekspozycję ozonem w stężeniu 0,3 ppm wzrostem zawartości olejku eterycznego, podczas gdy w surowcach bazylii pospolitej, lebiodki i pietruszki naciowej nie obserwowano istotnych zmian w zawartości tego składnika. Wzrost stężenia ozonu do 0,6 ppm powodował znaczące obniżenie zawartości olejku eterycznego we wszystkich próbach, osiągając najmniejsze wartości, gdy surowce poddano ekspozycji ozonem w stężeniu 0,9 ppm. Czas przechowywania sprzyjał koncentracji olejku eterycznego. Przedłużenie czasu przechowywania do 7 dni powodowało straty tego składnika tylko w surowcach nieozonowanych. Po przechowywaniu obserwowano zwiększenie zawartości olejku eterycznego w surowcach poddanych ozonowaniu (niezależnie od stężenia gazu).

*Kamila Klimek*

## Polifenole i aktywność antyoksydacyjna

Badane gatunki roślin przyprawowych wykazywały duże zróżnicowanie pod względem zawartości flawonoidów w surowcu. Najwięcej tych związków zawierało ziele lebidki pospolitej (122,6 mg RE·100 g<sup>-1</sup>) i rozmarynu lekarskiego (122,2 mg RE·100 g<sup>-1</sup>), zaś najmniej surowiec bazylii pospolitej (74,2 mg RE·100 g<sup>-1</sup>). Stężenie ozonu modyfikowało istotnie zawartość flawonoidów w badanym surowcu. We wszystkich roślinach poddanych ekspozycji ozonem w stężeniu 0,3 ppm notowano wzrost zawartości flawonoidów, uzyskując maksymalne wartości przy stężeniu gazu na poziomie 0,6 ppm, następnie obserwowano zmniejszenie zawartości tych związków, gdy stężenie ozonu wzrosło do 0,9 ppm. Surowce przechowywane bez opakowania, niezależnie od stężenia ozonu charakteryzowały się większą zawartością flawonoidów niż opakowane w folię perforowaną.

Badając wpływ czasu przechowywania stwierdzono, że krótkie przechowywanie w temperaturze +2°C nie wpłynęło istotnie na zawartość związków fenolowych w roślinach, natomiast po siedmiu dniach przechowywania notowano obniżenie zawartości flawonoidów w częściach konsumpcyjnych, niezależnie od ekspozycji surowca ozonem, przy czym rośliny poddane ozonowaniu zawierały większe ilości flawonoidów we wszystkich wariantach doświadczenia.

Suma polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy (GAE) w badanych surowcach w zależności od gatunku i traktowania ozonem kształtowała się na poziomie od 230,2 mg GAE·100 g<sup>-1</sup> (bazylii pospolita) do 569,5 mg GAE·100 g<sup>-1</sup> (lebidka pospolita). We wszystkich analizowanych próbach obserwowano tendencję wzrostową zawartości polifenoli pod wpływem ekspozycji ozonem w stężeniu 0,3 ppm. Wykazano, że w surowcach bazylii, pietruszki i rozmarynu taka tendencja utrzymywała się, gdy próby traktowano ozonem w stężeniu 0,6 ppm. Następnie we wszystkich badanych roślinach obserwowano zmniejszenie zawartości tych substancji wywołane ekspozycją ozonu w stężeniu 0,9 ppm. Podobne zależności stwierdzono w roślinach, po jednym i siedmiu dniach przechowywania, przy czym w próbach traktowanych ozonem w stężeniu 0,3 i 0,6 ppm po jednym dniu przechowywania początkowo notowano wzrost sumy polifenoli w odniesieniu do surowca świeżego, a następnie po siedmiu dniach ich drastyczne obniżenie. W surowcach ekspozycjach ozonem w stężeniu 0,9 ppm straty polifenoli następowały wraz z przedłużeniem się czasu przechowywania. W częściach konsumpcyjnych roślin przechowywanych bez opakowania suma polifenoli była istotnie wyższa bez względu na traktowanie ozonem.

Analizując uzyskane dane wykazano, że aktywność antyoksydacyjna była modyfikowana zawartością związków flawonoidowych w surowcach. Najwyższą wartość testu uzyskano dla ekstraktów z ziela rozmarynu lekarskiego i pietruszki naciowej (odpowiednio 42,4-62,8 μmol Trolox g<sup>-1</sup> i 46,1-61,6 μmol Trolox g<sup>-1</sup>).

Stężenie ozonu istotnie modyfikowało zdolność wychwytywania wolnych rodników na korzyść surowców traktowanych gazem. W ekstraktach z surowców traktowanych ozonem w stężeniu 0,3 ppm, 0,6 ppm i 0,9 ppm obserwowano większą aktywność antyoksydacyjną w odniesieniu do ekstraktów z surowców nieozonowanych, przy czym

*Kamila Klimek*

przy stężeniu 0,9 ppm była ona mniejsza niż przy niższych stężeniach ozonu. Jedynie w przypadku pietruszki i rozmarynu po traktowaniu ozonem w stężeniu 0,9 ppm aktywność antyoksydacyjna uległa zmniejszeniu w stosunku do ekstraktów z surowców nieozonowanych. Obserwowano większą zdolność wychwytywania wolnego rodnika DPPH przez ekstrakty otrzymane z surowców przechowywanych przez jeden dzień. Przedłużenie czasu przechowywania do siedmiu dni powodowało zmniejszenie zdolności antyoksydacyjnej ekstraktów.

#### WIELOWYMIAROWA ANALIZA DANYCH WYBRANYCH SUBSTANCJI BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W CZĘŚCIACH KONSUMPCYJNYCH ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH PODDANYCH EKSPOZYCJI NA OZON

Potwierdzono, że przedłużenie czasu przechowywania części konsumpcyjnych badanych roślin przyprawowych koreluje istotnie ze wzrostem zawartości suchej masy, kwasu L-askorbinowego oraz karotenoidów we wszystkich badanych surowcach. Odmianą zależność odnotowano jedynie w częściach konsumpcyjnych rozmarynu lekarskiego w odniesieniu do zawartości suchej masy. Identyczną tendencję obserwowano rozpatrując współdziałanie stężenia ozonu i czasu przechowywania. Współczynniki występujące w kombinacjach zostały dobrane tak, aby korelacja pomiędzy kombinacjami była najsilniejsza. Przyjęto również, że zmiennych kanonicznych może być co najwyżej tyle, ile wynosi mniejsza liczebność w porównywanych grupach cech. Najważniejszą zmienną kanoniczną jest zatem zmienna pierwsza, gdyż posiada ona najwyższą korelację. Wraz ze wzrostem stężenia ozonu i czasu przechowywania obserwowano istotny wzrost zawartości flawonoidów we wszystkich analizowanych gatunkach roślin przyprawowych. W przypadku mięty pieprzowej przedłużenie czasu przechowywania w obniżonej temperaturze powodowało straty zawartości związków flawonoidowych. Istotną korelację stwierdzono między wzrostem stężenia ozonu a zawartością olejku eterycznego w surowcu pietruszki naciowej. Nie wykazano korelacji pomiędzy stężeniem ozonu i czasem przechowywania a sumą polifenoli w surowcu bazylii pospolitej i rozmarynu lekarskiego. Natomiast stwierdzono istotną korelację pod względem badanych czynników a zawartością sumy polifenoli w surowcu lebidki pospolitej. Analizując surowiec mięty pieprzowej i pietruszki naciowej stwierdzono, że korelacja kanoniczna stężenia ozonu z czasem przechowywania istotnie rosła. Wzrost stężenia ozonu powodował istotny wzrost sumy polifenoli w surowcu mięty pieprzowej, zaś przedłużenie czasu przechowywania skutkowało zwiększeniem zawartości tych substancji w częściach konsumpcyjnych pietruszki naciowej.

Zwiększenie stężenia ozonu powodowało istotny wzrost zdolności wychwytywania wolnego rodnika DPPH tylko w ekstraktach mięty pieprzowej, zaś zwiększenie czasu ozonowania korelowało dodatnio z aktywnością antyoksydacyjną DPPH w surowcu lebidki pospolitej, pietruszki naciowej oraz rozmarynu lekarskiego. Analizując korelację kanoniczną stężenia ozonu oraz czasu przechowywania stwierdzono istotną dodatnią korelację z aktywnością niemal wszystkich ekstraktów z badanych gatunków roślin do

*Kamila Klimek*

wychwytywania wolnego rodnika DPPH za wyjątkiem bazylii pospolitej. Porównując kombinacje wszystkich badanych gatunków roślin przyprawowych, czasu przechowywania (świeże, po 1 dniu i po 7 dniach) oraz ekspozycji ozonu (kontrola, 0,3 ppm, 0,6 ppm i 0,9 ppm) można zauważyć, że gatunki roślin są na ogół blisko siebie.

Analizując rozkład w zależności od czasu przechowywania surowca zaobserwowano podobne rozkłady dendrogramu dla prób pietruszki naciowej, które tworzyły oddzielny klastery. Analizując wpływ czasu przechowywania części konsumpcyjnych roślin na zawartość substancji biologicznie aktywnych zaobserwowano podobieństwa w rozkładzie prób pietruszki naciowej, rozmarynu lekarskiego i lebiodki pospolitej, które stanowią trzy oddzielne klastry 1, 2 i 3. Natomiast klastery czwarty składający się z prób surowca mięty pieprzowej i bazylii pospolitej wykazuje pewne podobieństwo tych dwóch gatunków. W skupieniu tym zlokalizowana jest również próba świeżego surowca rozmarynu lekarskiego.

Przeprowadzając analizę dyskryminacyjną, w której jako zmienną klasyfikacyjną przyjęto gatunek uzyskano w 100% poprawnie zakwalifikowanie obiektów. Natomiast czas przechowywania okazał się być złym klasyfikatorem obiektów, ponieważ w 50% niepoprawnie sklasyfikowano badane obiekty. Podobną analizę wykonano wybierając jako klasyfikator stężenie ozonu. W tym przypadku jedynie mięta pieprzowa poddana ekspozycji ozonem o stężeniu 0,3 ppm i 0,9 ppm została sklasyfikowana prawidłowo. Stwierdzono, że zmienna klasyfikująca w postaci stężenia ozonu jest złym klasyfikatorem, ponieważ w ponad 50% przypadków zakwalifikowała błędnie obiekty. W celu szczegółowego przeprowadzenia analizy dyskryminacyjnej pogrupowano obiekty względem czasu przechowywania i stężenia ozonu dla poszczególnych gatunków roślin przyprawowych. Wykonana analiza takiej klasyfikacji krzyżowej jest bardziej dokładna, co powoduje lepsze zakwalifikowanie obiektów. Tylko w czterech kombinacjach źle zakwalifikowano obiekty poniżej 50%, zaś aż w 14 przypadkach w 100% poprawnie 43.

## WNIOSKI

1. Wykazano, że ozon, jako skuteczny środek odkażający, może mieć zastosowanie w konserwacji i przedłużaniu trwałości świeżych roślin przyprawowych.
2. Ekspozycja surowców na gazowy ozon przez 10, 20 i 30 minut powodowała utratę masy na poziomie od 2 do 12% świeżego ziele bazylii pospolitej, mięty pieprzowej, lebiodki pospolitej, pietruszki naciowej i rozmarynu lekarskiego. Szczególnie duże straty masy zaobserwowano w surowcu pietruszki naciowej i bazylii pospolitej.
3. Wykazano, że stężenie ozonu znacznie modyfikuje zawartość substancji biologicznie czynnych w częściach konsumpcyjnych roślin przyprawowych.
4. Stwierdzono pozytywny wpływ ekspozycji surowca na ozon przez 10 i 20 min na zawartość kwasu L-askorbinowego w badanych roślinach przyprawowych. Ozonowanie przez 30 minut powodowało istotne zmniejszenie zawartości tego składnika w ziele pietruszki naciowej.
5. Zawartość karotenoidów w surowcach analizowanych gatunków różniła się istotnie. We wszystkich badanych roślinach przyprawowych ozonowanie przez 10 a także 20

*Kamila Klimek*



- minut powodowało zwiększenie zawartości karotenoidów, natomiast ozonowanie przez 30 minut miało negatywny wpływ na ich zawartość szczególnie w ziele pietruszki naciowej i rozmarynu lekarskiego.
6. Ozonowanie surowców wszystkich badanych roślin przyprawowych przez 10, 20 i 30 minut powodowało istotne zmniejszenie zawartości olejku eterycznego.
  7. Największą zawartość flawonoidów w próbach nieozonowanych stwierdzono w częściach konsumpcyjnych pietruszki naciowej, a najmniejszą w bazylii pospolitej. Niezależnie od gatunku, w surowcach eksponowanych ozonem przez 10 i 20 minut notowano istotny wzrost zawartości flawonoidów. Przedłużenie czasu ozonowania do 30 minut spowodowało zmniejszenie zawartości flawonoidów w bazylii pospolitej, lebidce pospolitej, pietruszce naciowej i mięcie pieprzowej, a zwiększenie w surowcu rozmarynu lekarskiego. Surowiec rozmarynu wykazywał odmienną reakcję na czas ozonowania, w którym największą koncentrację osiągnięto przy ozonowaniu przez 30 min.
  8. Największą zawartość polifenoli stwierdzono w ziele lebidki pospolitej, a najmniejszą w surowcu mięty pieprzowej. Wykazano zależność pomiędzy czasem ozonowania a zawartością polifenoli, których suma wzrastała w surowcu eksponowanym przez 10 minut osiągając maksymalną wartość po 20 minutach ozonowania. Dalsze wydłużenie czasu ekspozycji na ozon do 30 minut powodowało istotne zmniejszenie zawartości polifenoli w badanych roślinach z wyjątkiem rozmarynu lekarskiego.
  9. Ekstrakty z rozmarynu lekarskiego i pietruszki naciowej, które zawierały największe zawartości flawonoidów wykazywały silną aktywność przeciwutleniającą. Najśłabsze wyniki tego testu uzyskano z surowca bazylii pospolitej, w których zawartość flawonoidów była istotnie najmniejsza. Niezależnie od gatunku badanych roślin przyprawowych największą zdolnością do redukcji wolnego rodnika DPPH cechowały się ekstrakty z surowców, które poddano ozonowaniu przez 10 i 20 minut, natomiast najmniejszą po ozonowaniu przez 30 minut.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamicki F., 2008. Progress in development of vegetable storage technologies. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 527, 3-20.
- Antos P., Kurdziel A., Sadło S., Balawejder M., 2013. Preliminary study on the use of ozonation for the degradation of dithiocarbamate residues in the fruit drying process: mancozeb residue in blackcurrant is the example used. J. Plant Protect. Res., 53 (1), 48-52.
- Balawejder M., Szpyrka E., Antos P., Józefczyk R., Piechowicz B., Sadło S., 2014. Method for Reduction of Pesticide Residue Levels in Raspberry and Blackcurrant Based on Utilization of Ozone. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 25 (4), 1-5.
- Benzie I.F., Choi S.W. 2014. Antioxidants in food: content, measurement, significance, action, cautions, caveats, and research needs. Adv. Food Nutr. Res. 71, 1–53.
- Błażewicz-Woźniak M., 2006. Wpływ czynników agrotechnicznych na wzrost i plonowanie kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare* var. *azoricum* Mill.). Rozpr. Nauk. AR w Lublinie, 314.

Kamila Klimek

- Cai Y., Luo Q., Sun M., Carke H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci.*, 74, 2157-2184.
- Carlsen M.H., Blomhoff A.R., Andersen F.L., 2011. Intakes of culinary herbs and spices from a food frequency questionnaire evaluated against 28- days estimated records. *Nutr. J.*, 10, 50.
- Chen J.H., Ho C.T., 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 2374–2378.
- Chitravathi K., Chauhan O.P., Raju P.S., Madhukar N., 2015. Efficacy of aqueous ozone and chlorine in combination with passive modified atmosphere packaging on the postharvest shelf-life extension of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Bioprocess Tech.*, 8, 1386–1392.
- Christaki E., Bonos E., Giannenas I., Florou-Paneri P., 2012. Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture*, 2, 228–243.
- Cowan M.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.*, 12, 564–582.
- Duschatzky C.B., Possetto M.L., Talarico L.B., Garcia C.C., Michis F., Almeida N.V., Lampasona M.P.D., Schuff C., Damonte E.B., 2005. Evaluation of chemical and antiviral properties of essential oils from south american plants. *Antivir. Chem. Chemother.*, 16, 247–251.
- Dzwolak W., 2008. (Nie)bezpieczne warzywa i owoce. *Przem. Spoż.*, 9, 51-55.
- Gajc-Wolska J., Rosłon W., Osińska E., 2006. Ocena jakości świeżego surowca pietruszki naciowej (*Petroselinum sativum* L. ssp. *crispum*) i selera listkowego (*Apium graveolens* L. var. *secalinum*). *Folia Hort.*, Suppl. 1, 123–127.
- Gartner M., Guzek D., Najda A., Brodowska M., Górski-Horzyczak E., Wojtasik-Kalinowska I., Godziszewska J., 2017. Oxidative and microbial stability of poultry meatballs added with coriander extracts and packed in cold modified atmosphere. *Inter. J. Food Prop.*, 20(11), 2527-2537.
- Gawlik-Dziki U., 2004. Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(41), 29-40.
- Greathead H., 2003. Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proc. Nutr. Soc.*, 62, 279–290.
- Jungbauer A., Medjakovic S., 2014. Anti-inflammatory properties of culinary herbs and spices that ameliorate the effects of metabolic syndrome. *Maturitas*, 71 (3), 227–239.
- Köberl M., Schmidt R., Ramadan E.M., Bauer R., Berg G., 2013. The microbiome of medicinal plants: diversity and importance for plant growth, quality, and health. *Front Microbiol.* 4, 45-53.
- Kozłowicz K., Sułkowska M., Kluza F., 2011. Powłoki jadalne i ich wpływ na jakość i trwałość owoców i warzyw. *Acta Sci Pol Technica Agraria*. 10(3-4), 35-45.
- Krosowiak K., Śmigielski K., Dziugan P., 2007. Zastosowanie ozonu w przemyśle spożywczym. *Przem Spoż.* 61(11), 26–29.
- Krzyża K., Bielowiec P., Szczepanik G., Błaszkiwicz P., 2015. Zastosowanie techniki ozonowania w przechowywaniu żywności. *Rol. Mag. Elektron. CBR*. [dostęp: 11.05.2015]: <http://rme.cbr.net.pl/index.php/archiwum-rme/>.



- Martins H.M., Martins M.L., Dias M.I., Bernardo F., 2001. Evaluation of microbiological quality of medicinal plants used in natural infusions. *Int J Food Microbiol.* 68, 149–153.
- Najda A., 2004. Plonowanie i ocena fitochemiczna roślin w różnych fazach wzrostu dwu odmian selera naciowego (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Mill./Pers.). Rozprawa doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, pp 249.
- Najda A., 2017a. Zmienność ontogenetyczna mięty (*Mentha* species) czynnikiem warunkującym zawartość składników bioaktywnych w surowcu. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Rozprawy naukowe 2017, 387, 1-179.
- Najda A., 2017b. Skład chemiczny i działanie antyoksydacyjne ekstraktów z *Mentha x piperita* L. *Post Fitoter.* 18(4), 252-259.
- Najda A., Klimek K., Balant S., Maj G., Piekarski W., Krzaczek P. 2018. Effect of ozone on the content of essential oil and biological activity of the raw material *Mentha x piperita* L. *Przemysł Chemiczny*, 97(7): DOI:10.15199/62.2018.2.6.
- Opara E.I., Chohan M., 2014. Culinary herbs and spices: their bioactive properties, the contribution of polyphenols and the challenges in deducing their true health benefits. *Int J Mol Sci.* 15 (10), 19183–19202.
- Panickar K.S., 2013. Beneficial effects of herbs, spices and medicinal plants on the metabolic syndrome, brain and cognitive function. *Cent Nerv Syst Agents Med Chem.* 13 (1), 13–29.
- Perry J.J., Yousef A.E., 2011. Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2, 281-298.
- Rodoni L., Casadei N., Concellón A., Chaves A.R., Vicente A.R., 2010. Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation. *J Agr Food Chem.* 58, 594–599.
- Sachadyn-Król M., Jackowska I., 2018. Wpływ ozonowania nasion rzepaku na barwę oleju. *Przemysł chemiczny.* 97(5). Df 113-116.
- Sachadyn-Król M., Materska M., Chilczuk B., Karaś M., Jakubczyk A., Perucka I., Jackowska I., 2016. Ozone-induced changes in the content of bioactive compounds and enzyme activity during storage of pepper fruits. *Food Chem.* 211, 59-67.
- Sospedra I., Soriano J.M., Mañes J., 2010. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs commercialized in Spain. *Plant Foods Hum Nutr.* 65, 364–368.
- Toma F.M., Faqi Abdulla N.Q., 2013. Isolation and identification of fungi from spices and medicinal plants. *Res J Environ Earth Sci.* 5, 131–138.
- Vitullo M., Ripabelli G., Fanelli I., Tamburro M., Delfino S., Sammarco M.L., 2011. Microbiological and toxicological quality of dried herbs, *Lett. Appl. Microbiol.* 52, 573–580.



## 5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

### 5.1. Osiągnięcia naukowo-badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora

W lutym 2013 roku podjęłam prace w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki na stanowisku asystenta.

Po ukończeniu studiów magisterskich w 2008 roku zostałam przyjęta na studia doktoranckie trzeciego stopnia na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pracę doktorską realizowałam w Katedrze Zastosowań Matematyki Informatyki. Moim opiekunem naukowym była wówczas Pani prof. dr hab. Zofia Hanusz, pod której kierunkiem rozpoczęłam pracę naukową i dydaktyczną. Będąc słuchaczka studiów trzeciego stopnia w lutym 2013 roku podjęłam prace w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki na stanowisku asystenta. Pracę doktorską pt. „Zastosowanie programu SAS do analizy danych opisanych modelami liniowymi w inżynierii rolniczej”, której promotorem była Pani prof. dr hab. Zofia Hanusz obroniłam we wrześniu 2013 roku. Podczas studiów doktoranckich w celu podniesienia osobistych kwalifikacji ukończyłam studia podyplomowe z zakresu: Pedagogiki na Wyższej Szkole Przedsiębiorczości i Administracji w Lublinie, Matematyki na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej i Metody statystycznych w Biznesie realizowane na Uniwersytecie Warszawskim, Wydziale Nauk Ekonomicznych. W ramach zainteresowań naukowo-dydaktycznych uzyskałam szereg certyfikatów min: z języka angielskiego, specjalisty do spraw pozyskiwania funduszy unijnych, specjalisty z nauki do o gospodarce, przetwarzania danych w środowisku SAS Enterprise Guide, raportowanie w środowisku SAS Enterprise Guide, przetwarzanie danych w SAS (część I), przetwarzanie danych w SAS, integracja danych z SAS Data Integration Studio, projektowanie i tworzenie struktur wielowymiarowych OLAP, Jakość danych: profilowanie i standaryzacja- ocen jakości danych, raportowanie w SAS Web Report Studio, Administracja- Architektura SAS 9, przetwarzanie danych w SAS (część II), wstęp do Data Mining, raportowanie w środowisku SAS Enterprise Guide, przetwarzanie danych w SAS (część I), przetwarzanie danych w SAS (część II), wstęp do Data Mining, zastosowania i techniki Data Mining, PD1 - przetwarzanie danych w SAS (część I), OCS - projektowanie i tworzenie struktur wielowymiarowych OLAP, DQ1 - jakość danych (część I): profilowanie i standaryzacja - ocena jakości danych, WRS - raportowanie w SAS Web Report Studio, ET1 - integracja danych z SAS Data Integration Studio (część I), A91 - Architektura SAS 9 (część I) oraz modelowanie współzależności zjawisk w STATISTICA.

W ramach prac badawczych przed doktoratem rozwijałam problematykę dotyczącą szerokiego zastosowania pakietu statystycznego SAS i różnych metod statystycznych w badaniach eksperymentalnych w różnych dyscyplinach naukowych.

W okresie studiów doktoranckich wykazałam się naukowym dorobkiem w postaci 5 publikacji prac naukowych z listy B (załącznik V, publikacje II.D.1.1-II.D.1.5). Statystyki opisowe w pakiecie statystycznym SAS pozwolił mi na dokonanie analizy wpływu ceny ropy naftowej na świecie na cenę oleju napędowego w Polsce (załącznik V,



publikacja II.D.1.2). W tej pracy oceniono również wpływ wahających się kursów dolara, który ma bezpośredni wpływ na cenę ropy naftowej. Z dokonanej przeprowadzonej analizy wynika, że wzrastające ceny oleju napędowego bezpośrednio wpływały na koszt eksploatacji ciągników, których koszt rósł równomiernie wraz ze wzrostem cen oleju napędowego.

Kolejne podjęte przeze mnie tematy naukowe dotyczyły wykorzystania statystyki opisowej umożliwiającej weryfikację zagrożeń dla pracowników fermy zwierząt futerkowych związane z emisją aerozolu biologicznego (załącznik V, publikacje II.D.I.3). Powstawanie większych obszarów zurbanizowanych powoduje niestety koncentrację źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza na stosunkowo niewielkich przestrzeniach, do których zaliczają się duże ośrodki hodowli i fermy zwierząt. Do powietrza są wprowadzane znaczne ilości szkodliwych zanieczyszczeń, takich jak: związki organiczne, związki nieorganiczne azotu, siarki, węgla i inne, a także pyły i drobnoustroje m.in. bakterie i grzyby.

W kolejnych latach analizowałam znajomości programów informatycznych w badaniach ankietowych przygotowanych przeze mnie dla studentów 1 roku ogrodnictwa. Celem tych badań było sprawdzenie, w jakim stopniu rozpoczynający studia młodzi ludzie znają ogólne programy informatyczne, programy specjalistyczne związane z kierunkiem studiów oraz jaka jest umiejętność ich stosowania. Zaskakujące są dane dotyczące znajomości programów informatycznych wśród nowo przyjętych studentów i przedstawiają się następująco: 69% studentów pochodzących z miasta znało programy informatyczne, a 31% nie znało żadnych programów informatycznych; gorzej przedstawia się sytuacja studentów pochodzących ze wsi z, których tylko 27% znało programy informatyczne, a aż 74% nie znało żadnych programów informatycznych. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że nie wszystkie szkoły zarówno w mieście jak i na wsi prowadziło w sposób dostateczny naukę informatyki. Uzyskane wyniki badań stały się tematem publikacji pt. „Znajomość programów informatycznych do projektowania architektury krajobrazów i użytków zielonych wśród studentów ogrodnictwa” (załącznik V, publikacje II.D.I.5).

Przed uzyskaniem stopnia doktora opublikowałam 5 pełno tekstowych oryginalnych artykułów naukowych bez IF. Łączna liczba punktów KBN/MNiSW= 16. Wyniki badań prezentowałam w formie 8 doniesień zjazdowych podczas konferencji krajowych (5) i międzynarodowych (3) oraz wystąpień ustnych na konferencjach krajowych (5). W 2011 roku brałam udział w konferencji w Brighton, Wielka Brytania, zaś w 2012 w Budapeszcie, Węgry. Uczestniczyłam również w wielu konferencjach krajowych i międzynarodowych. Jednej konferencji międzynarodowej byłam współorganizatorem. Od 2011 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Biometrycznego.

## 5.2. Osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałam prace mające na celu wykorzystanie technik wielowymiarowych, statystyk opisowych i badań ankietowych. W pierwszym okresie działalności naukowej moje prace badawcze stanowiły kontynuację i rozszerzenie

*Kamila Klimek*

problematyki podjętej w rozprawie doktorskiej. Uzyskane wyniki badań z tego okresu były prezentowane na konferencjach oraz zostały opublikowane jako oryginalne prace twórcze. Dotyczyły one wykorzystania technik wielowymiarowych w opisie właściwości fizyko-chemicznych biszkoptów dietetycznych (załącznik V, publikacje II.D.2.29) oraz miąższu dyni piżmowej (załącznik V, publikacje II.A.9).

Wykorzystując uzyskaną wiedzę dotyczącą wykorzystania statystyki opisowej dokonałam analizy wpływu procesu ozonowania oraz preparatu mikrobiologicznego EM na zdolność kiełkowania ziarniaków dwóch odmian żyta. Stwierdzono, że preparat mikrobiologiczny EM zwiększał energię i zdolność kiełkowania ziarna żyta. Ziarno żyta nie wykazywało ujemnej reakcji, mierzonej energią i zdolnością kiełkowania, na stosowane dawki ozonu. Zachowana żywotności nasion, a nawet podwyższona energia i zdolność kiełkowania, wskazują, że możliwe jest zastosowanie ozonu w celu poprawy parametrów kiełkowania ziarna zbóż (załącznik V, publikacja II.D.2.1). Tematykę wpływu ozonowania kontynuowałam w pracy dotyczącej dynamiki zmian zawartości wybranych metabolitów wtórnych w powietrznie suchym ziele mięty. Wykazano, że ozonowanie wpływa na obniżenie ilości olejku eterycznego w ziele *Mentha × piperita* L., przy czym powoduje jednocześnie wzrost zawartości jedenastu składników olejku. Zastosowanie ozonowania nie powodowało większych strat zawartości substancji biologicznie aktywnych odpowiadających za wartość surowca *Mentha × piperita* L., natomiast zwiększało zawartość niektórych polifenoli. Flawonoidy, kwasy fenolowe i suma polifenoli była również wyższa w surowcach ozonowanych w porównaniu z surowcami nieozonowanymi. Związki te badano pod względem aktywności wychwytywania rodnika 1,1-difenylo-2-picrylhydrazyl i zdolności do hamowania utleniania. Nieco większą aktywność przeciwutleniającą miały ekstrakty z surowców poddanych zabiegowi ozonowania. Zachowanie właściwości antyoksydacyjnych, stabilności przechowywania i standardów bezpieczeństwa ma ogromne znaczenie w przetworzonej żywności. Dotychczas ozon był postrzegany jako alternatywna technologia dezynfekcji w procesie pozyskiwania produktów. Wyniki tego badania wskazują, że ozon może być stosowany w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym i zielarskim w celu wzmocnienia statusu antyoksydacyjnego powietrznie suchych przypraw. Na podstawie analizy stanu wiedzy oraz przeprowadzonych badań dotyczących zawartości olejku eterycznego i aktywności biologicznej surowca ziela *Mentha × piperita* L. stwierdzono, że ziele poddane procesowi ozonowania charakteryzuje się mniejszą zawartością olejku eterycznego oraz zanieczyszczeń biologicznych. Stwierdzono, że ozonowanie korzystnie wpływa na wzrost zawartości jedenastu składników olejku pozyskiwanych z *Mentha × piperita* L., zapewniając odpowiednią kompozycję substancji aktywnych. Wykazano znaczne zróżnicowanie w ilości głównych składników w oleju eterycznym zależnie od czasu ekspozycji na ozon. Należy również podkreślić, że proces ozonowania ziela przyczynia się do zwiększenia zawartości niektórych polifenoli : flawonoidów i kwasów fenolowych. Bardzo istotnym faktem jest, że ozonowanie nie wpływa na zwiększenie strat w zawartości substancji biologicznie aktywnych, cennych przy ocenie wartości surowca,

Kamila Klimek

przy czym ozonowanie można wykorzystać jako alternatywną technologię dezynfekcji (załącznik V, publikacja II.A.7).

Jednym z nurtów mojej pracy były badania dotyczące wykorzystania analizy wariancji (ANOVA) i wskazania najmniejszych istotnych statystycznie różnic (NIR) przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$  do porównania fitotoksyczności Co, Cu, Mn, Ni i Zn na podstawie zawartości chlorofilu ( $a+b$ ) i azotanów (V) w młodych liściach roślin kapusty odmiany Gloria di Enkhouizen 2. Badane metale ciężkie obniżały zawartość chlorofilu i azotanów w liściach kapusty, z wyjątkiem Cu. W warunkach nadmiaru Cu zanotowano nadmierną akumulację chlorofilu i azotanów, w szczególności w liściach najmłodszych. Pozostałe metale pod względem fitotoksyczności, ocenionej na podstawie tych dwóch wskaźników fizjologicznych, można uszeregować następująco: Ni > Co > Zn > Mn. W stopniu największym zawartość chlorofilu była zredukowana pod wpływem działania niklu, nieco mniejszym kobaltu, kolejno mniejszym cynku i najmniejszym manganu, a zanotowane różnice w większości były istotne statystycznie. W przeprowadzonych badaniach zanotowano także istotne statystycznie zmiany w zawartości azotanów(V) w liściach kapusty odmiany Gloria di Enkhouizen 2. Wraz ze wzrostem stężenia miedzi w pożywce zwiększał się poziom akumulacji tych związków w liściach, w stopniu nawet większym niż zawartość chlorofilu. Niewielki (14,5%), ale istotny statystycznie wzrost zawartości azotanów(V) w stosunku do kontroli zanotowano także w liściach roślin eksponowanych na działanie niklu w stężeniu najniższym (20  $\mu\text{mol dm}^{-3}$ ). Przy wyższych stężeniach tego metalu w pożywce zawartość azotanów zmniejszała się sukcesywnie wraz ze wzrostem jego stężenia, przy czym w stopniu większym niż w obecności pozostałych metali. W warunkach nadmiaru Co, Zn i Mn wraz ze wzrostem ich stężenia w pożywce istotnie zmniejszała się zawartość azotanów(V) w liściach testowanej odmiany kapusty, w stopniu większym w obecności Co i Zn niż Mn (załącznik V, publikacja II.D.2.13).

Podobną analizę statystyczną wykonano w pracy dotyczącej określenia wpływu Co, Cu, Mn, Ni i Zn na aktywność reduktazy azotanowej w liściach młodych roślin kapusty (załącznik V, publikacja II.D.2.31) a także badając fizjologiczną skuteczność trudno biodegradowalnego chelatu Fe(III)-EDTA z łatwo biodegradowalnym chelatem Fe(III)-MGDA w niwelowaniu symptomów niedoboru żelaza u niedożywionych tym mikroskładnikiem siewek kapusty odmiany Gloria di Enkhouizen 2 (załącznik V, publikacja II.D.2.14). Porównanie wpływu przedsiewnego kondycjonowania nasion biopreparatem EM-1 i egzogenną gibereliną  $\text{GA}_3$  na kiełkowanie siewek szarłatu odmiany Aztek. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły korzystny wpływ zastosowanej egzogenicznie gibereliny  $\text{GA}_3$  na kiełkowanie nasion, wzrost i kondycję fizjologiczną siewek. Najbardziej skutecznym fizjologicznie zabiegiem było kondycjonowanie nasion szarłatu gibereliną  $\text{GA}_3$ , a skuteczność kondycjonowania nasion biopreparatem EM-1 była porównywalna ze skutecznością ich przedsiewnej hydratacji (załącznik V, publikacja II.D.2.37). Statystyki opisowe wykorzystano również w pracy dotyczącej wpływu kobaltu na skład mineralny fasoli szparagowej (załącznik V, publikacja II.D.2.23), wpływu zaprawiania nasion rzodkwi na dynamikę ich kiełkowania w zróżnicowanych

*Kamila Klimek*

w warunkach termicznych (załącznik V, publikacja II.D.2.25) oraz badając wpływ stresu oksydacyjnego na chronologiczne starzenie się drożdży (załącznik V, publikacja II.D.2.24).

W pracy II.D.2.28 przeprowadzono badania na grupie 25 koni szlachetnych półkrwi. Grupę doświadczalną stanowiło 12 ogierów i 13 klaczy uczestniczących w skokach przez przeszkody. Krew do analizy pobrano dwukrotnie w maju 2010 i w maju 2011 roku, w trakcie intensywnego wysiłku koni. Wskaźniki hematologiczne, jako jeden z parametrów dobrostanu, są wykorzystywane w szeroko pojętym monitoringu zdrowia i kondycji zwierząt. W badanych próbkach krwi pełnej oznaczono: ogólną liczbę erytrocytów (RBC), hematokryt (Ht), stężenie hemoglobiny (Hb), średnią objętość krwinek czerwonych (MCV), średnią zawartość hemoglobiny (MCH), średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC) oraz wskaźnik zróżnicowania objętości czerwonych krwinek (RDW). Badania wykonano przy użyciu analizatora hematologicznego MS9. Celem pracy był weryfikacja adaptacji organizmu koni sportowych do długotrwałego wysiłku, na podstawie wybranych parametrów hematologicznych, w kontekście dobrostanu przy całorocznym obciążeniu treningiem i zawodami sportowymi. Konie utrzymywano w pojedynczych boksach, na ściółce ze słomy. Zwierzęta miały stały dostęp do wody bieżącej i były pod stałym nadzorem lekarza weterynarii. Codzienny trening obejmował 1h karuzeli, 10 min.- stępu, 10 min.-kłusu rozluźnionego, 5min – kłusu roboczego, 5-7 min.-galopu, 1h lonżowania oraz 1h jazdy na ujeżdżalni(pod siodłem). Na podstawie otrzymanych danych można stwierdzić, że długotrwały wysiłek koni w postaci treningu i zawodów sportowych spowodował zmiany adaptacyjne w wybranych parametrach hematologicznych krwi. Ponieważ wszystkie otrzymane wyniki znajdowały się w zakresie wartości referencyjnych, nie odnotowano żadnych zmian negatywnych, mogących świadczyć o niskim poziomie dobrostanu koni. Podobna praca opublikowana w JCR dotycząca stanu zdrowia zwierząt na podstawie badań krwi nerek opisuje artykuł II.A.6.

Kolejnym obszarem zainteresowań jest wykorzystanie metod statystycznych w celu szczegółowych analiz badań ankietowych. W pracy (załącznik V, publikacja II.D.11) przeprowadzono badania ankietowe 148 studentów studiów trzeciego stopnia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z różnych wydziałów w roku akademicki 2012/2013. Zebrane dane poddano analizie wykorzystując metody tabelaryczne, graficzne i statystyczne. W pracy stwierdza się, że z funduszy unijnych skorzystało 92% respondentów. Najwięcej, bo aż 80% wydatkowało fundusze na doszkalanie się na studiach podyplomowych. Ponad 90% ankietowanych wydatkowało środki otrzymane z grantów na udział w konferencjach krajowych i opublikowanie artykułu w czasopiśmie krajowym. Około 80% studentów przeznaczyło otrzymane środki na publikacje krajowe, wydruki i oprawa prac, zakup aparatury i oprogramowania. Przeprowadzone badania wykazały dużą aktywność studentów w pozyskiwaniu środków finansowych wspomagających ich rozwój naukowy. Badania ankietowe rozszerzono o pytania dotyczące oceny wykorzystania technologii informatycznych i Internetu w procesie edukacyjnym studentów (załącznik V, publikacja II.D.2.12). Przebadano dodatkowo

*Kamila Klimek*



młodych naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, którzy zapytani zostali o możliwości zastosowań statystyki w trakcie studiów. Zaznaczyć należy, że ponad połowa ankietowanych wykorzystwała znajomość programów statystycznych w swoich opracowaniach naukowych (załącznik V, publikacja II.D.2.28). Natomiast studentów Medycyny Weterynaryjnej 175 oraz Biologii i Hodowli Zwierząt 115 sprawdzono poziom znajomości pakietu Microsoft Office i jego wykorzystanie przez studentów. Celem badań było określenie poziomu umiejętności posługiwania się programami pakietu Microsoft Office; ocena umiejętności pracy w poszczególnych programach pakietu Microsoft Office po pierwszym roku studiów. Badania na początku zajęć wykazały, że najmniej opanowany był program Word i na poziomie podstawowym znało go aż 201 osób, na poziomie średnim najbardziej znanym był program Power Point i znało go 127 osób oraz program Access 172 osoby, poziom zaawansowanym programu Excel reprezentowany był przez tylko 56 osób. Wraz z przechodzeniem na kolejne semestry znajomość poszczególnych programów radykalnie się zmieniała, malała ilość osób ze znajomością dostateczną, a rosła liczba osób ze znajomością dobrą i bardzo dobrą. Odnotowano bardzo wyraźny wzrost znajomości poszczególnych programów po ukończeniu szóstego semestru. Należy stwierdzić, że istniejący program spełnił oczekiwania studentów (załącznik V, publikacja II.D.2.22).

Badania ankietowe oprócz podstawowych statystyk opisowych i tabeli kontyngencji omówionych szeroko na zróżnicowanych przykładach powyżej. Istnieje wiele innych metod statystycznych dzięki którym można również zinterpretować badania ankietowane za pomocą technik wielowymiarowy. Kolejna możliwość nowatorskich interpretacji badań ankietowych to wykorzystanie modelowania (załącznik V, publikacja II.D.2.27). W celu zapewnienia porównywalności wyników badań nad skutecznością kształcenia w różnych okresach czasu przeprowadzanych za pomocą ankiet mierzących w różnych skalach. Dla wszystkich pytań położenie danych z 2013 r. oraz przebieg prostych regresji w badanym zakresie jest znacznie poniżej przebiegu z 2003 r. i bardziej odpowiada przebiegu prostej  $y=x$  wskazuje to na spadek skuteczności kształcenia informatycznego po 10 latach. W modelu nieklasycznym MNWK z restrykcjami zauważa się podobną tendencję jak w metodzie MNK to znaczy, że skuteczność kształcenia informatycznego w roku akademickim 2012/2013 wypada z uwagi na każdy badany moduł wiedzy znacznie gorzej niż w roku akademickim 2002/2003. Analogiczne wykorzystanie modelowanie w interpretacji badań ankietowych zastosowano w pracy II.D.2.17. Badając skuteczność nauczania technologii informacyjnej na biologicznym kierunku studiów za pomocą ankiet zebrano opinię studentów o zmianie zasobu ich wiedzy i umiejętności informatycznych. Do analizy pozyskanych danych wykorzystano nieklasyczną procedurę regresji liniowej metodą najmniejszych ważonych kwadratów (MNWK) z dodatkowymi liniowymi ograniczeniami na parametry w postaci równości lub nierówności. Ankietowani ocenili w skali od 1 do 5 pkt. uświadomione sobie umiejętności z zakresu: Internetu, Worda, Excela, Power Pointa, programowania, Accessa, opracowywania tekstu, technik obliczania, pisania programów, przygotowywanie się do zajęć, rysunku technicznego, przygotowania grafiki komputerowej, przed rozpoczęciem zajęć na

studiach oraz po zakończeniu zajęć z „Technologii informacyjnej”. Kontynuując badania prac II.D.2.26 i II.D.2.7 dotyczące statystycznego modelowania postępów kształcenia informatycznego praca ta służy konstrukcji wykresów radarowo bąbelkowych i sformułowaniu ich prostej interpretacji. Kompleksy tego typu wykresów przydatne są w badaniach długookresowych procesów np. nauczania informatycznego realizowanego w szkolnictwie wyższym. Kompleks wykresów radarowo bąbelkowych dostarcza nowych narzędzi pozwalających szczegółowo śledzić historię postępów czynionych przez grupę studentów dla cech na skali co najmniej porządkowej. Konstrukcja tych złożonych wykresów nie jest skomplikowana a pozwala na prostą i precyzyjną interpretację zjawisk nie dających się opisać na innych wykresach. Metodyka opisana w pracach II.D.2.17 i II.D.2.27 w połączeniu z tą pracą dostarcza interpretacji parametrów prostych regresji na wykresach radarowo bąbelkowych, gdy pochodzą ze skali co najmniej przedziałowej. Należałoby zwiększyć ilość godzin na prowadzenie zajęć z programów Excel i Access celem pełniejszego opanowania przez studentów narzędzi pomocnych przy pisaniu prac dyplomowych i magisterskich oraz zasad tworzenia i posługiwania się bazami danych (załącznik V, publikacja II.D.2.18). Kontynuowano tą tematykę w pracy w oparciu o badania ankietowo wykorzystano techniki wielowymiarowe między innymi dendrogram w pracach II.D.2.19-II.D.2.21).

W pracy II.D.2.20 przeprowadzone badania ankietowe na temat korzystania z różnych funduszy unijnych wśród pracujących w rolnictwie. Większość z nich posiadało małe lub średnie gospodarstwa rolne. Średnia powierzchnia tych gospodarstw wynosiła 17,02 ha. Poprawę rentowności gospodarstw wykazało 75% ankietowanych. Z przeprowadzonych badań można wysnuć wniosek że, 26% ankietowanych młodych rolników samodzielnie prowadzi gospodarkę i uzyskało na nią dotację, zaś pozostali ankietowani współgospodarzą z osobą prowadzącą gospodarstwo rolne. U 9% ankietowanych wsparcie w postaci dotacji dotyczyło równocześnie obu pokoleń.

Celem pracy II.D.2.19 było określenie struktury wykorzystania funduszy unijnych przez studentów zajmujących się rolnictwem. Większość zebranych danych miała charakter dychotomiczny, zamieniając wartości ze skali dychotomicznej na wartości binarne jednoznacznie dostosowujemy je do procedur analizy skupień. Dostępne procedury statystyczne analizy skupień pozwalają na pełniejszą analizę zebranych danych. Przeprowadzona analiza pozwala na wyróżnienie sześciu grup dopłat. Z przeprowadzonych badań i analiz można wysunąć następujące wnioski: aż 65% badanych korzystało z różnego rodzaju dopłat. Z jednego do trzech dopłat korzystało łącznie 53% ankietowanych. W pracy II.D.2.21 zbadano strukturę i skuteczność oddziaływujących źródeł informacji o środkach finansowych pochodzących z Unii Europejskiej a przeznaczonych na dotacje i dopłaty rolnicze.

Kolejny aspekt prowadzonych badań jest związany z moimi zainteresowaniami koncentrującymi się wokół zastosowania analizy PCA umożliwiającej wskazanie podobieństw i różnic między składnikami olejku eterycznego mięty pieprzowej (załącznik V, publikacja II.A.7).

*Kamila Klimek*

Występowanie związków fenolowych w surowcach roślinnych sprawia, że są one nierozłącznymi składnikami pożywienia. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym polifenoli możliwa jest neutralizacja chemicznych wolnych rodników i kancerogenów środowiskowych a tym samym niedopuszczenie do uszkodzeń materiału genetycznego. W świetle tych faktów istotna staje się identyfikacja nowych aktywnych związków, które prowadzą do rozwoju fitoterapii oraz określenie czynników modyfikujących ich zawartość w roślinach. Zastosowanie wielowymiarowych metod statystycznych w analizie wyników badań nad chemosystematyką roślin zielarskich. We współpracy naukowej z Katedrą Warzywnictwa i Roślin Leczniczych UP w Lublinie prowadzę badania dotyczące zastosowania wielowymiarowych technik w ocenie substancji modyfikujących aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z owoców poziomki pospolitej i winorośli (załącznik V, publikacja II.A.1-3, II.A.7-8 i II.A.10).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, mój dorobek naukowy składał się z 59 prac naukowych, z których 10 jest indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (załącznik V, publikacja II.A.1-II.A.10), zaś pozostałe publikacje to prace punktowane przez MNiSW (załącznik V, publikacja II.D.2.1-II.D.49). Dodatkowo mój dorobek naukowo-badawczy powiększył się o 25 (komunikatów naukowych, referatów i posterów).

W celu podniesienia osobistych kwalifikacji zawodowych ukończyłam studia podyplomowe z zakresu Analiza danych, na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej z zakresu analizy statystycznej.

Obecnie jestem wykonawcą zadania badawczego 1, 4, 6, 7 i 8, w ramach projektu BIOSTRATEG II/298357/8/NCBiR/2016 pt. „Opracowanie innowacyjnych technologii kompleksowej utylizacji odpadów generowanych w trakcie tuczu trzody chlewnej” finansowanego przez NCBiR (załącznik V, II.I.1-II.I.3). Ponadto w zakresie badań statutowych na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie od sześciu lat jestem kierownikiem zadań badawczych m.in. projektu badawczego pt. „Zastosowanie programu SAS do analizy danych wielowymiarowych w inżynierii rolniczej” dla młodych naukowców, który realizowany jest w Katedrze Zastosowań Matematyki i Informatyki.

Równoległe z działalnością naukowo-badawczą dużą uwagę zwracam na prowadzenie zajęć dydaktycznych. Zajęcia dydaktyczne prowadzę lub prowadziłam na wszystkich wydziałach na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Aktualnie prowadzę wykłady, zajęcia laboratoryjne oraz audytoryjne na studiach I i II stopnia z nasypujących przedmiotów: Technologia informacyjna, Pakiety oprogramowania użytkowego, Analiza statystyczna w hortiterapii i Ekonometria (załącznik V, III.I). Osobiście opracowuję wszystkie moduły kształcenia oraz materiały dydaktyczne niezbędne do prowadzenia i realizacji treści programów.

W 2016 roku Rada Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie podjęła uchwałę zatwierdzającą mnie na promotora pomocniczego rozprawy doktorskiej pt. „Symulacje nasion ślázówki turgyńskiej (*Lavatera thuringiaca* L.) polem elektromagnetycznym”, Pani mgr inż. Małgorzaty Budzeń, której promotorem jest Pani prof. dr hab. Agnieszka Sujak. W 2017 roku Rada Naukowa Instytutu Technologiczno-



Przyrodniczego podjęła uchwałę zatwierdzającą mnie na promotora pomocniczego rozprawy doktorskiej pt. „Mieszanie substratów w reaktorach biogazowni fermentacyjnych” Pani mgr inż. Edyty Wrzesińskiej-Jędrusiak, zaś na promotora Pana prof. dr hab. Andrzeja Myczko. Nadmieniam, że obie rozprawy doktorskie są w trakcie finalizacji.

Biorę czynny udział w działalności organizacyjnej Wydziału Inżynierii Produkcji. W latach 2016-2020 jestem członkiem Rady Wydziału oraz przedstawicielem z ramienia katedry w komisji do spraw preorientacji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

*Kamila Klimek*

---

## 6. AUTORSTWO LUB WSPÓLAUTORSTWO PRAC NAUKOWYCH LUB INNYCH PRAC TWÓRCZYCH

Mój dorobek naukowo-badawczy obejmuje:

- 10 prac oryginalnych posiadających Impact Factor
- 52 prace oryginalne opublikowane w czasopismach nie posiadających IF
- 23 prezentacje posterowe na konferencjach międzynarodowych i krajowych
- 23 wygłoszone referaty: 4 na konferencjach międzynarodowych, 19 na konferencjach krajowych.

Efektem prowadzonych przeze mnie badań, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, związanych z moimi zainteresowaniami naukowymi jest 47 publikacji naukowych (230 pkt), z których 6 jest indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR) i posiadające Impact Factor. Prace te są cytowane 4 razy wg Web of Science. Pozostałe prace w postaci 23 publikacji opublikowanych w materiałach konferencyjnych.

Sumaryczne zestawienie informacji na temat mojego dorobku naukowo – badawczego zestawiono w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Zestawienie liczbowe publikacji w czasopismach z listy JCR

Lp.	Czasopismo (wg JCR)	Rok wydania	Impact Factor
1	Food Science and Technology Research	2015	0,357
2	Journal of Analytical Methods in Chemistry	2015	1,369
3	Horticultural Science	2017	0,500
4	Przemysł Chemiczny	2017	0,399
5		2018	0,399
6		2018	0,399
7	Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus	2018	0,448
8	Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science	2018	0,735
9	South African Journal for Enology and Viticulture	2018	0,636
10	Journal of Food Measurement and Characterization	2018	1,181
<b>RAZEM</b>			<b>6,423</b>

Tabela 2. Zestawienie łączne dorobku

Rodzaj publikacji	Ilość	Suma punktów MNiSW
Artykuły indeksowane w bazie Journal Citation Reports (JCR), posiadające Impact Factor	10	180
Artykuły w czasopismach naukowych znajdujących się na liście czasopism punktowanych MNiSW	52	236
Monografia naukowa – osiągnięcie naukowe	1	25
Artykuły opublikowane w materiałach pokonferencyjnych	25	-
<b>RAZEM</b>	<b>87</b>	<b>441</b>

*Kamila Klimek*

## **7. BIBLIOMETRYCZNE PODSUMOWANIE OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi  $IF = 6,423$

Sumaryczna punktacja MNiSW wszystkich opublikowanych prac: 441

Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) według bazy Web of Science (WoS): 4

Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) według bazy Scopus: 7

Indeks Hirscha publikacji według bazy Web of Science (WoS): 1

Indeks Hirscha publikacji według bazy Scopus: 1

*Kamila Klimek*

---