

Dr inż. Ewelina Wiktoria Hallmann

Porównanie wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych warzywach z rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej z uwzględnieniem elementów przetwórstwa

Autoreferat

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa

Warszawa, 7 maja 2013

Spis treści

| | |
|--|----|
| I. Działalność naukowa | 3 |
| 1. Dane personalne | 3 |
| 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe | 3 |
| 3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych | 3 |
| 4. Wykazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego..... | 3 |
| 5. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej..... | 6 |
| 5.1. Wprowadzenie | 6 |
| 5.2. Hipotezy badawcze i cel badań..... | 8 |
| 5.3. Podstawy teoretyczne omawianych badań doświadczalnych | 8 |
| 5.4. Omówienie wyników | 9 |
| 5.5. Podsumowanie jednotematycznego cyklu publikacji | 18 |
| 5.6. Stwierdzenia..... | 19 |
| 5.7. Wniosek końcowy..... | 20 |
| 6. Przebieg pracy naukowej z omówieniem pozostałych publikacji z dorobku naukowego | 20 |
| 6.1. Grupa tematyczna 6.1.: | 21 |
| 6.2. Grupa tematyczna 6.2..... | 21 |
| 6.3. Grupa tematyczna 6.3.: | 21 |
| 6.4. Grupa tematyczna 6.4..... | 21 |
| 6.5. Grupa tematyczna 6.5..... | 21 |
| 6.6. Grupa tematyczna 6.6.: | 22 |
| 7. Podsumowanie omówienia przebiegu pracy naukowej | 31 |
| 8. Cytowana literatura..... | 33 |

I. Działalność naukowa

1. Dane personalne

Ewelina Wiktoria Hallmann

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsce i roku ich uzyskania

2003 – doktor nauk rolniczych, dyscyplina: ogrodnictwo, specjalność: warzywnictwo, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, tytuł dysertacji doktorskiej: *Ocena plonowania i jakości owoców trzech wybranych typów pomidora w uprawie na węglinie mineralnej*, promotor: prof. dr hab. Jolanta Kobryń, recenzenci: prof. dr hab. Henryk Skąpski, prof. dr hab. Andrzej Libik;

1999 – magister inżynier, kierunek studiów: ogrodnictwo, specjalizacja: rośliny warzywne, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, tytuł pracy magisterskiej: *Ocena poziomu glutationu i askorbinianu, jako elementów systemu antyoksydacyjnego w wybranych genotypach warzyw kapustnych*, promotor: dr hab. Barbara Łata, recenzent: prof. dr hab. Monika Rakoczy-Trojanowska

3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1999 – 2003

Studia Doktoranckie na Wydziale Ogródnictwa i Architektury Krajobrazu, SGGW w Warszawie

2005 – do chwili obecnej

Adiunkt w Katedrze Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

4. Wykazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.) jest jednotematyczny cykl publikacji naukowych, który habilitantka zatytułowała: „Porównanie wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych warzywach z rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej z uwzględnieniem elementów przetwórstwa”.

Publikacje wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej:

[H1]. Rembiałkowska E, **Hallmann E.**, Wasiak-Zys G. 2003. Jakość odżywcza i sensoryczna pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Żywnienie Człowieka i Metabolizm, Supplement*, t. 30, z. 3/4, s. 893-899. (IF 0¹; MNiSW 1; cytowany 0)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (50%)

[H2]. **Hallmann E.** 2012¹. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, t. 92, z. 14, s. 2840-2848 (IF 1,36; MNiSW 35; cytowany 2)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, analiza materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, sformułowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu (100%)

[H3]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E. 2008¹. Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, t. 53, z.3, s. 88-95 (IF 0; MNiSW 6, cytowany 2)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (60%)

[H4]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E., Lipowski J., Marszałek K. 2010¹. Ocena wartości odżywczej oraz sensorycznej pasteryzowanego soku pomidorowego z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, t. 55, z.3, s. 105-111 (IF 0; MNiSW 6, cytowany 0)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (60%)

¹ Punktację publikacji z lat 2003-2010 obliczono wg listy MNiSW z roku 2010, punktację publikacji z lat 2011-2013 obliczono wg listy MNiSW z roku 2012

[H5]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E., Szafirowska A., Grudzień K. 2007¹. Znaczenie surowców z produkcji ekologicznej w profilaktyce zdrowotnej na przykładzie papryki z uprawy ekologicznej, Roczniki PZH, t. 58, z. 1, s. 77-82 (IF 0; MNiSW 9, cytowany 1)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (50%)

[H6]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E. 2012¹. Characterization of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems, Journal of the Science of Food and Agriculture, t. 92, z. 12, s. 2409-2415 (IF 1,36; MNiSW 35; cytowany 2)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (60%)

[H7]. Rembiałkowska E., **Hallmann E.** 2008¹. Zmiany zawartości związków bioaktywnych w owocach papryki marynowanej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, t. 53, z.4, s.51-57 (IF 0; MNiSW 6; cytowany 0)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (60%)

[H8]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E. 2009¹. Wpływ procesu pasteryzacji i przechowywania na zawartość związków biologicznie czynnych w owocach marynowanej papryki słodkiej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, t. 54, z.3, s. 90-95 (IF 0; MNiSW 6, cytowany 0)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (70%)

[H9]. **Hallmann E.**, Rembiałkowska E. 2008¹. The content of selected antioxidant compounds in selected bell pepper varieties from organic and conventional cultivation before and after freezing process. Proceedings of the 2th Scientific Conference of the

International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR) (Neuhoff et al. eds.).
Modena, 18-20 June, vol. 2: 802 – 805 (IF 0; MNiSW 7, cytowany 0)

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, opracowanie metodyki analitycznej, wiodący udział w przeprowadzeniu analiz materiału doświadczalnego, analiza statystyczna uzyskanych wyników, opis doświadczenia, graficzne przedstawienie wyników, przygotowanie manuskryptu (60%)

5. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej

5.1. Wprowadzenie

Pomidor (*Lycopersicon esculentum* Mill.) i papryka (*Capsicum annuum* L.) należą do warzyw psiankowatych i razem z ziemniakami (*Solanum tuberosum* L.) stanowią ważny element w produkcji warzywniczej. Pozostałe warzywa z rodziny Solanaceae uprawiane w Polsce to bakłażan, zwany inaczej oberżyną (*Solanum melongena* L.), mniej znane pepino (*Solanum muricatum* Ait.) jak też rodzynek brazylijski (*Physalis peruviana* L.). Ze względu na warunki klimatyczne uprawę pomidora i papryki w Polsce można prowadzić w dwóch systemach: polowym i pod osłonami (szklarnie, tunele foliowe).

W systemie ekologicznym w uprawach pomidorów i papryki zabronione jest stosowanie syntetycznych środków ochrony roślin (pestycydów) oraz łatwo rozpuszczalnych nawozów mineralnych (wyprodukowanych drogą syntezy chemicznej). Natomiast dozwolone jest stosowanie nawozów naturalnych (obornik, komposty, nawozy zielone) do nawożenia roślin oraz naturalnych wyciągów z roślin (wyciąg z grejpfruta, czosnku, pokrzywy), pułapek feromonowych, tablic lepowych oraz wrogów naturalnych do ochrony plonu. Wszystkie szczegóły dotyczące uprawy roślin w systemie ekologicznym zostały opisane w Rozporządzeniu Rady (WE) nr 834/2007 [24]. W Polsce pomidor jest jednym z ważniejszych warzyw uprawianych w polu i pod osłonami. Szacuje się, że w roku 2012 konwencjonalne pomidory polowe uprawiano na powierzchni 16 tys. ha, a roczna produkcja wyniosła 261 tys. ton. Produkcja polowa pomidorów ekologicznych stanowi bardzo znikomy procent ze względu na duże problemy z występowaniem chorób takich jak zaraza ziemniaka (fitoforoza) wywoływana przez patogena *Phytophthora infestans* [2]. W przypadku produkcji pod osłonami w roku 2012 uprawa pomidora konwencjonalnego zajmowała w Polsce 3,4 tys. ha, a otrzymany plon kształtował się w wysokości 420 tys. ton. W przypadku produkcji ekologicznej było to tylko 115 ha, a roczna produkcja wyniosła 15 tys. ton [23]. Uprawa papryki w Polsce jest prowadzona na znacznie mniejszą skalę. W roku 2012 powierzchnia uprawy konwencjonalnej papryki pod osłonami zajmowała 850 ha, a otrzymany plon wyniósł

60 tys. ton. Natomiast w przypadku papryki polowej było to odpowiednio 80 ha i 10 tys. ton. Nie ma danych dotyczących ekologicznej produkcji papryki zarówno pod osłonami, jak i w otwartym gruncie [23]. Z przytoczonych danych wyraźnie wynika, że w przypadku produkcji konwencjonalnej pomidory i papryka stanowią ważny element produkcji warzyw, zarówno na rynek świeży, jak i do przetwórstwa. W Polsce do przetworzenia przeznaczają się 40-60% rocznej konwencjonalnej produkcji owoców polowych pomidora oraz 30% papryki z pod osłon. Niestety brak jest danych dotyczących ekologicznej produkcji warzyw psiankowatych przeznaczonych do przetwórstwa [23].

Rynek żywności ekologicznej stanowi coraz lepiej rozwijający się sektor produkcyjny. Ze względu na sezonowość upraw pomidorów i papryki, bardzo ważnym elementem zachowania ciągłości w spożywaniu warzyw jest ich przetwórstwo.

Owoce pomidora i papryki są cennym źródłem licznych związków biologicznie czynnych zaliczanych do grupy karotenoidów (karotenów i ksantofili), polifenoli (kwasów fenolowych oraz flawonoidów) oraz witamin (witamina C) [6], [11], [20], [27]. Związki biologicznie czynne ze względu na swój przeciwutleniający charakter mogą chronić organizm konsumenta przed wieloma niezakaźnymi chorobami chronicznymi. Do grupy tych chorób zaliczamy liczne nowotwory (piersi, prostaty, przewodu pokarmowego) oraz choroby układu krążenia [12]-[13], [17], [19]

Prezentowany zbiór publikacji pod wspólnym tytułem „Porównanie wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych warzywach z rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej z uwzględnieniem elementów przetwórstwa” **wnosi wiele nowych elementów poznawczych i naukowych w dziedzinie propagowania upraw ekologicznych warzyw psiankowatych w Polsce. W latach 2003-2007 były to pierwsze prace badawcze w których podjęto się porównania wartości odżywczej pomidorów, papryki oraz ich przetworów z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. W kolejnych przeprowadzonych i omówionych publikacjach z lat 2008-2012, rozszerzono zakres badawczy i szczegółowo zbadano oraz omówiono zawartość związków biologicznie czynnych w warzywach psiankowatych. Przeprowadzone przez habilitantkę badania miały charakter nowatorski, ponieważ w latach 2006-2009 oprócz SGGW tylko jeden ośrodek naukowy w Polsce prowadził podobne badania, ale na znacznie mniejszą skalę.**

5.2. Hipotezy badawcze i cel badań

Celem głównym prezentowanej rozprawy była analiza wpływu metod uprawy (ekologicznej i konwencjonalnej) na wartość odżywczą i zawartość związków biologicznie czynnych pomidora i papryki uprawianych w Polsce. **Celem dodatkowym** było wykazanie, czy istnieją różnice w zawartości związków biologicznie czynnych w produktach powstałych z przetworzenia ekologicznych i konwencjonalnych pomidorów i papryki. **Celem pomocniczym** było wykazanie, w jaki sposób zastosowane metody analityczne mogą przyczynić się do poznania i zrozumienia tych różnic.

Aby zrealizować założone cele badań, postawiono następujące **hipotezy badawcze**:

- Ekologiczne metody uprawy roślin warunkują otrzymanie plonów o wysokiej wartości odżywczej, jak też wyższą zawartość związków biologicznie czynnych w warzywach i owocach w porównaniu z roślinami uprawianymi metodami konwencjonalnymi;
- Skład chemiczny owoców pomidora i papryki jest silnie determinowany przez czynnik genetyczny, jakim jest odmiana, miejsce uprawy (np. gospodarstwo produkcyjne czy poletka eksperymentalne), rok uprawy;
- Przetwarzanie owoców pomidora i papryki przyczynia się do zmiany składu chemicznego produktu końcowego, jakim jest sok pomidorowy czy papryka marynowana lub mrożenia;
- Zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych może pozwolić na bardzo dokładną analizę związków wchodzących w skład świeżych pomidorów i papryki oraz ich przetworów, co może pomóc wskazać zależności pomiędzy poszczególnymi związkami i ułatwić wielowątkową interpretację problemu określania jakości.

5.3. Podstawy teoretyczne omawianych badań doświadczalnych

W rolnictwie ekologicznym stosowane nawozy organiczne i niesyntetyczne środki ochrony mają bardzo silny wpływ na skład chemiczny uprawianych warzyw i owoców. Zróżnicowanie w zawartości związków biologicznie czynnych płodów rolnych wynika głównie z podejmowanych praktyk uprawowych w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. W systemach ekologicznych rośliny są uprawiane bez użycia łatwo rozpuszczalnych nawozów mineralnych, w szczególności azotowych oraz pestycydów. Istnieją doniesienia, że stosowanie łatwo przyswajalnego azotu w uprawie przyczynia się do spadku zawartości metabolitów wtórnych w tkankach roślin [10]. Zaobserwowano, że typowa

dla rolnictwa konwencjonalnego łatwa dostępność azotu powoduje zmianę metabolizmu uprawianych roślin w kierunku procesów wzrostowych, a ograniczenie procesów wytwarzania wtórnych metabolitów. Przyczynia się to do niższej zawartości związków biologicznie czynnych w tkankach roślin. Zjawisko to zostało określone jako teoria C/N [7], [18]. W roślinach z systemu konwencjonalnego, gdzie łatwo przyswajalny azot jest dostępny w dużych ilościach dla roślin uprawnych, procesy metaboliczne idą w pierwszej kolejności w kierunku produkcji wtórnych metabolitów pochodnych azotu (aminokwasów, peptydów, białek, alkaloidów). Natomiast w roślinach z systemu ekologicznego, gdzie azot pojawia się w glebie dopiero po licznych procesach mineralizacji masy organicznej, metabolizm roślin ukierunkowuje się w pierwszym etapie na produkcję wtórnych metabolitów niezawierających azotu, ale opartych na węglu (cukry proste i złożone, karotenoidy, polifenole, witaminy). Rolnictwo ekologiczne przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego, przez całkowity zakaz stosowania syntetycznych środków chemii rolnej oraz propagowanie naturalnych metod upraw. Kolejnym pozytywnym aspektem przemawiającym za promocją upraw ekologicznych jest wysoka wartość biologiczna plonu, w szczególności zawartość związków biologicznie czynnych w owocach i warzywach z systemu ekologicznego. Związki te bowiem chronią organizm człowieka przed atakiem wolnych rodników i przyczyniają się do promocji zdrowia, szczególnie w czasach nasilonego występowania niezakaźnych chorób chronicznych.

5.4. Omówienie wyników

Wpływ warunków uprawy na wartość odżywczą i zawartość związków bioaktywnych w owocach pomidora

Publikacje [H1] i [H2]

Hallmann E., Rembiałkowska E. 2003. Jakość odżywcza i sensoryczna pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, Żywnienie Człowieka i Metabolizm, Supplement, t. 30, z. 3/4, s. 893-899.

Hallmann E. 2012. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types, Journal of the Sciences Food and Agriculture, t. 92, z. 14, s. 2840-2848.

Ważnym aspektem produkcji ekologicznej warzyw jest, jakość otrzymywanych surowców. Dlatego w pierwszej prezentowanej publikacji [H1] podjęto się próby porównania wybranych elementów wartości odżywczej pomidorów uprawianych w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Podstawą prowadzenia doświadczenia porównawczego

był dobór odmian pomidorów oraz uprawa ich z zachowaniem wszystkich zasad rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego. Doświadczenie założono w sąsiadujących ze sobą gospodarstwach: certyfikowanym ekologicznym i typowym gospodarstwie konwencjonalnym. Oba gospodarstwa były zlokalizowane w podobnych warunkach klimatyczno-glebowych, tak, aby zminimalizować ilość czynników mogących wpływać na jakość owoców badanych odmian pomidorów. Dodatkowym elementem był wybór dwóch odmian pomidorów standardowych (*Lycopersicon esculentum* Mill) Atut F₁, Jontek F₁. W prezentowanej pracy zbadano między innymi zawartość suchej masy oraz zawartość związków biologicznie czynnych takich jak witamina C, karotenoidy (likopen i beta-karoten), flawonoidów ogółem w przeliczeniu na kwercetynę. Warto zauważyć, że w roku 2003, gdy publikowano wyżej opisywane badania było to jedno z pierwszych doświadczeń prowadzonych w Polsce w dziedzinie upraw ekologicznych pomidora. W literaturze światowej opublikowano do tego czasu tylko dwa doświadczenia, prezentujące podobny problem [4]-[5]. W omawianej publikacji zadbano nie tylko o wykonanie analiz chemicznych, ale również przeanalizowano warunki środowiskowe, w jakich uprawiano pomidory (stosowane nawozy i środki ochrony). Przeprowadzone badania wykazały, że istnieją różnice w jakości pomidorów ekologicznych i konwencjonalnych. W pracy wykazano, że zastosowana metoda uprawy ekologicznej miała istotny wpływ na zawartość beta-karotenu oraz flawonoidów w badanych owocach pomidorów. Mając na uwadze wyniki powyżej opisanych badań, przystąpiono do kolejnego etapu, tj. wnikliwszej analizy jakości owoców pomidora uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Efektem podjętych działań jest publikacja [H2]. Doświadczenie opisane w tej publikacji zostało przeprowadzone w układzie dwuletnim oraz z udziałem większej ilości gospodarstw. Do doświadczenia też użyto inne odmiany pomidorów: pomidory standardowe (Merkury F₁, Akord F₁, Rumba F₁) oraz pomidory drobnoowocowe (Conchita F₁ i Picolino F₁). Doświadczenie przeprowadzono w gospodarstwach uprawiających pomidory pod osłonami, co gwarantowało precyzyjną kontrolę warunków doświadczenia. Warto też zauważyć, że opisane w publikacji metody analiz opierały się na zastosowaniu wysokosprawnej chromatografii cieczowej, co pozwoliło nie tylko na ilościową analizę karotenoidów czy polifenoli, ale i jakościowy rozdział grupy związków na poszczególne składowe. W przypadku karotenoidów było to bardzo dokładne odseparowanie likopenu i beta-karotenu, a w przypadku związków polifenolowych udało się wykryć i ilościowo oznaczyć dwa kwasy fenolowe: kwas galusowy i chlorogenowy oraz pięć związków flawonoidowych: wolną kwercetynę oraz jej pochodne (rutynozyd i glikozyd), jak też myricetynę i kempferol. Wszystkie analizy przeprowadzono na liofilizacie owoców, a nie

jak w poprzedniej publikacji na owocach świeżych. Zastosowanie procesu liofilizacji owoców zapobiegło niekontrolowanemu rozpadowi związków biologicznie czynnych, szczególnie likopenu, witaminy C oraz flawonoidów w owocach pomidorów. Kolejnym nieznanym elementem w prezentowanej publikacji była próba wykazania czy istnieją zależności pomiędzy związkami biologicznie czynnymi oznaczonymi w owocach pomidora a makroelementami (azotem i potasem) obecnymi w glebie w trakcie uprawy roślin. Wyniki regresji pomogły w przeprowadzeniu dyskusji otrzymanych wyników. W prezentowanej pracy autorka podjęła próbę nie tylko opisu wyników i porównania ich do tych przedstawionych w literaturze światowej, ale również interpretacji i wytłumaczenia procesów zachodzących w roślinach (procesów fizjologicznych i środowiskowych) warunkujących syntezę i gromadzenie się związków biologicznie czynnych w owocach pomidora. Efektem badań opisanych w publikacji [H2] było wykazanie, że pomidory ekologiczne zawierały istotnie więcej kwercetyny i jej pochodnych oraz myricetyny w porównaniu z pomidorami uprawianymi w sposób konwencjonalny. Jednocześnie stwierdzono, że czynniki zewnętrzne jak rok uprawy oraz czynniki wewnętrzne jak typ pomidora, miał istotny wpływ, na jakość owoców. Otrzymane wyniki badań wyraźnie wskazują, że konsumpcja pomidorów ekologicznych ze względu na wyższą wartość biologiczną i zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym może przyczynić się do promocji zdrowia wśród konsumentów.

Wpływ pozyskiwania surowca (ekologicznego i konwencjonalnego) na wartość odżywczą i zawartość związków bioaktywnych soków pomidorowych

publikacje [H3] i [H4]

Hallmann E., Rembiałkowska E. 2008. Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, t. 53, z.3, s. 88-95.

Hallmann E., Rembiałkowska E., Lipowski J., Marszałek K. 2010. Ocena wartości odżywczej oraz sensorycznej pasteryzowanego soku pomidorowego z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, t. 55, z.3, s. 105-111.

Pomidor stanowi bardzo cenny surowiec do przetwórstwa. Jest to związane także z faktem, że jest to owoc sezonowy i tylko możliwość jego przetworzenia daje szansę spożywania pomidorów przez cały rok. Produkty przetwarzania pomidorów są następujące: sok, przecier, sos, koncentrat, keczup, pomidory suszone (do mieszanek przyprawowych

sympkich), pomidory suszone marynowane w oliwie, pomidory bez skórki w sosie, pomidory mrożone [26]. Wobec tak dużego zapotrzebowania na te produkty należy sobie zadać pytanie, jakiej są one jakości. Autorzy wcześniej prezentowanych prac wykazali, że owoce wyprodukowane w systemie ekologicznym charakteryzowały się wyższą wartością biologiczną w porównaniu z owocami konwencjonalnymi. Proces przetwarzania pomidora zmienia jego fizyczną strukturę oraz parametry chemiczne i sensoryczne. Wiele podjętych procesów technologicznych opiera się na wykorzystaniu wysokiej temperatury (rozparzenie pulpy owoców oraz pasteryzacja) lub niskiej temperatury (zamrażanie). Dlatego cykl artykułów poświęcony przetwarzaniu pomidorów miał na celu zbadanie wpływu warunków przetwarzania na jakość końcową otrzymanego produktu, w tym przypadku soku pomidorowego. W pracy [H3] zbadano sok pomidorowy wyprodukowany w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych ze szczególnym uwzględnieniem badanych odmian pomidorów. Badaniem objęto wartość odżywczą otrzymanego soku pomidorowego z różnych systemów produkcji oraz z różnych odmian. Oznaczono takie parametry jakościowe jak: zawartość suchej masy, cukrów, kwasów organicznych oraz kwasu glutaminowego. Związki te są wyznacznikiem wartości odżywczej i sensorycznej soku pomidorowego. W próbkach ekologicznych i konwencjonalnych soków pomidorowych zmierzono również zawartość związków biologicznie czynnych takich jak: witamina C, flawonoidy i kwasy fenolowe. Bardzo ważnym uzupełnieniem oceny wartości soku pomidorowego były badania sensoryczne otrzymanego produktu. Zastosowano metodę profilowania sensorycznego w celu porównania soków z dwóch systemów produkcji (ekologicznej i konwencjonalnej). Otrzymane wyniki wskazały, że sok konwencjonalny otrzymał wyższe noty w ocenie sensorycznej w porównaniu z sokiem ekologicznym w zakresie większości badanych wyróżników smakowo-zapachowych. Zjawisko to jest być może związane z odmienną zawartością związków polifenolowych oraz kwasu glutaminowego w badanych sokach pomidorowych. Soki konwencjonalne zawierały istotnie więcej kwasu glutaminowego oraz istotnie mniej polifenoli (flawonoidów i kwasów fenolowych). Kwas glutaminowy decyduje w dużej mierze o intensywności wystąpienia charakterystycznego „smaku pomidorowego” [3], [14], [16]. Natomiast związki polifenolowe są w odbiorze sensorycznym substancjami o gorzkim posmaku. Być może dlatego próbki konwencjonalnych soków pomidorowych zostały ocenione lepiej w panelu sensorycznym, jako te posiadające więcej „charakterystycznego smaku pomidorowego” oraz mniej gorzkie. W kolejnej omawianej pracy [H4] podobnie jak w przypadku badania, jakości surowca, tak i w analizie zawartości substancji przeciwutleniających w produktach zastosowano technikę HPLC. Zgromadzone

wyniki wskazały, że proces przetwarzania owoców odmiany Rumba F₁ oraz Merkury F₁ na pulpę w trakcie przygotowania soku przyczynił się do zmian zawartości związków polifenolowych w produktach końcowych. Jak wykazano w pracy [H2], owoce pomidorów zawierały tylko dwa kwasy fenolowe: galusowy i chlorogenowy oraz liczne flawonoidy: kwercetynę i jej pochodne, kempferol i myricetynę. Natomiast w sokach pomidorowych oznaczono ponadto kwas p-kumarynowy oraz zmienił się skład flawonoidów. Wykryto tylko pochodne kwercetyny: rutynozyd-3-O-kwercetyny oraz glikozyd-3-O-kwercetyny. Jednocześnie zaobserwowano, że zastosowanie innych odmian do produkcji soku wpłynęło znacząco na ocenę sensoryczną soku pomidorowego. W pracy [H4] ekologiczny sok pomidorowy otrzymał w porównaniu z sokiem konwencjonalnym znacznie wyższe noty sensoryczne w zakresie zapachu słodkiego, smaku pomidorowego i słodkiego, barwy, gęstości, wyczuwalności cząstek owoców oraz jakości ogólnej.

Wpływ warunków uprawy na wartość odżywczą i zawartość związków bioaktywnych w owocach papryki

Publikacje [H5] i [H6]

Hallmann E., Rembiałkowska E., Szafirowska A., Grudzień K. 2007. Znaczenie surowców z produkcji ekologicznej w profilaktyce zdrowotnej na przykładzie papryki z uprawy ekologicznej, Roczniki PZH, t. 58, z. 1, s. 77-82

Hallmann E., Rembiałkowska E. 2012. Characterization of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems, Journal of the Science of Food and Agriculture, t. 92, z. 12, s. 2409-2415

Drugim warzywem z rodziny psiankowatych objętym badaniami była papryka. W publikacji [H5] podjęto problem jakości owoców papryki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej w Polsce. Doświadczenie było przeprowadzone w kontrolowanych warunkach certyfikowanego pola ekologicznego i odpowiadającego mu pola konwencjonalnego. Głównym celem doświadczenia było porównanie wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w owocach papryki ekologicznej i konwencjonalnej. Dodatkowo sprawdzano, czy sposoby mulczowania (okrywania) gleby zastosowane w uprawie ekologicznej papryki miały wpływ na wartość biologiczną owoców. Do doświadczenia wybrano jedną odmianę papryki słodkoowocowej Roberta F₁. Odmianę tę uprawiano na certyfikowanych poletkach doświadczalnych Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Zastosowano następujące metody mulczowania gleby: włókninę i słomę oraz

kontrolę w postaci gleby nieokrytej. Zastosowane metody badań pozwoliły wykazać różnice w wartości odżywczej owoców pochodzących z określonych kombinacji doświadczalnych. Papryka pochodząca z poletek ekologicznych charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością rutynozydu-3-O-kwercetyny (31,92 mg/100 g śm), luteiny (5,45 mg/100 g śm) oraz beta-karotenu (3,43 mg/100 g śm) w porównaniu z papryką uprawianą na poletkach konwencjonalnych. W owocach papryki oznaczono tylko trzy karotenoidy, które występowały w wolnej postaci. Były to luteina oraz beta-karoten. Przeprowadzone badania pozwoliły na wnioskowanie, że w uprawie papryki polowej w systemie ekologicznym, najlepiej sprawdzało się mulczowanie roślin słomą, w przypadku, gdy rozpatrywaną klasyfikacją jakości była wartość biologiczna owoców, a nie plon owoców. Gdy rośliny mulczowano słomą owoce papryki charakteryzowały się najwyższą zawartością suchej masy, cukrów redukujących oraz beta-karotenu.

W owocach papryki stwierdzono występowanie ponad 22 różnych karotenoidów [8]. Tylko kilka z nich występuje w formie wolnej, pozostałe zaś w formie estrowej. Aby móc przystąpić do karotenoidów występujących w formie estrowej, należy zastosować znacznie bardziej zaawansowane metody analityczne. Dlatego opracowanie tych metod analitycznych oraz szczegółowa analiza jakościowa i ilościowa karotenoidów oraz związków polifenolowych była obiektem badań opisanych w kolejnej publikacji. W porównaniu z wcześniej omawianym artykułem w pracy [H6] zmodyfikowano warunki badawcze wybierając uprawę ekologiczną i konwencjonalną w gospodarstwach produkcyjnych. Była to świadoma zmiana miejsca doświadczenia. Z punktu widzenia konsumenta ważniejsza jest wartość odżywcza papryki produkowanej w realnych gospodarstwach rolnych niż na poletkach doświadczalnych. Dlatego papryka poddana badaniom była uprawiana w takich samych warunkach, jak papryka, którą może kupić każdy konsument warzyw ekologicznych i konwencjonalnych. Do doświadczenia wybrano trzy pary gospodarstw, zlokalizowanych blisko siebie, aby - podobnie jak w przypadku uprawy pomidorów - wyeliminować różnice klimatyczno-glebowe mogące mieć niekontrolowany wpływ na jakość plonu [H2]. Obiektem badań były trzy odmiany papryki Roberta F₁, Spartacus F₁ oraz Berceo F₁. Zastosowane zaawansowane metody analityczne pozwoliły na bardzo dokładną jakościową i ilościową analizę polifenoli ze szczególnym rozdziałem ich na związki z grupy flawonoidów i kwasów fenolowych. W owocach papryki zidentyfikowano i oznaczono dwa kwasy fenolowe: kwas galusowy i chlorogenowy oraz sześć związków flawonoidowych: rutynozyd i glikozyd kwercetyny, myricetynę, kwercetynę, kempferol oraz luteolinę. W przypadku oznaczania

karotenoidów oznaczono 11 z 22 karotenoidów występujących w owocach papryki i były to odpowiednio: beta-karoten, alfa-karoten, cis-beta-karoten, kapsorubina, kryptoflawina, beta-kryptoksantyna, anteraksantyna, luteina, cis-zeaksantyna, kapsantyna oraz kryptoksantyna. Aby zminimalizować ryzyko błędu analitycznego oznaczenie wykonano w liofilizacie, gdyż zawartość wody w owocach papryki bywa zmienna, co znacznie utrudnia interpretację uzyskanych wartości. Takie postępowanie dodatkowo zminimalizowało ryzyko strat, szczególnie karotenoidów w związku z ich utlenianiem się w trakcie prac analitycznych, gdyż proces ekstrakcji i przygotowania próbki do analizy HPLC trwał 48 h, a światło słoneczne oraz tlen powodują szybki ich rozpad, szczególnie przy pracy ze świeżymi owocami. Użycie liofilizatu, zaciemnianie próbek oraz niska temperatura przyczyniły się do ochrony związków karotenoidowych w trakcie długiego czasu analizy. Papryka uprawiana w systemie ekologicznym, bez względu na odmianę charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością suchej masy, witaminy C, karotenoidów ogółem, beta-karotenu, alfa-karotenu, cis-alfa karotenu, oraz kwasów fenolowych takich jak: galusowy i chlorogenowy, jak też związków flawonoidowych (kwercetyny i jej pochodnych) oraz kempferolu. Z przeprowadzonych badań wynika również, że badane odmiany papryki różniły się istotnie pomiędzy sobą pod względem zawartości związków biologicznie czynnych. Warto zauważyć, że autorzy prezentowanej pracy nie tylko przedstawili różnice w zawartości związków biologicznie czynnych w owocach papryki i porównali je z danymi dostępnymi w literaturze światowej, ale również starali się wyjaśnić zjawiska, które przyczyniły się do wystąpienia tych różnic.

Wpływ warunków pozyskania i przetwarzania surowca na wartość odżywczą i zawartość związków bioaktywnych w papryce marynowanej

publikacje [H7] - [H9]

Hallmann E., Rembiałkowska E. 2008. The content of selected antioxidant compounds in selected bell pepper varieties from organic and conventional cultivation before and after freezing process. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR) (D. Neuhoff et al. eds.). Modena, 18-20 June, vol. 2: 802 – 805

Hallmann E., Rembiałkowska E. 2009. Wpływ procesu pasteryzacji i przechowywania na zawartość związków biologicznie czynnych w owocach marynowanej papryki słodkiej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, t. 54, z.3, s. 90-95

Rembiałkowska E., **Hallmann E.** 2008. Zmiany zawartości związków bioaktywnych w owocach papryki marynowanej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, t. 53, z.4, s.51-57.

Głównym kierunkiem przetwarzania papryki w Polsce jest marynowanie i mrożenie [26]. Owoce papryki przeznaczone do przetwórstwa muszą spełniać szereg wymogów jakościowych. Poza klasyfikacją wielkościową, brakiem uszkodzeń spowodowanych przez choroby i szkodniki oraz uszkodzeń mechanicznych, niezmiernie istotna jest wysoka jakość surowca. Tylko owoce o najwyższej wartości odżywczej dają gwarancję otrzymania produktu o wysokiej jakości. Papryka marynowana jest produktem specyficznym o dość niskim pH. Zakwaszenie produktu jest gwarancją zatrzymania rozwoju bakterii gnilnych powodujących rozkład tkanki owocu. Jednocześnie zaobserwowano, że przy niższym pH związki flawonoidowe są bardziej dostępne w porównaniu z pH zbliżonym do neutralnego [21], [25]. Jak wykazano w publikacji [H6] owoce papryki słodkiej są bardzo dobrym źródłem flawonoidów, a w szczególności myricetyny, kwercetyny oraz jej pochodnych (rutynozydu-3-O-kwercetyny oraz glikozydu-3-O-kwercetyny). W kolejnej pracy przedstawiono zawartości związków biologicznie czynnych w świeżo przygotowanych marynatach wykonanych z papryki ekologicznej i konwencjonalnej i porównano z owocami papryki niepoddanej przetworzeniu [H7]. Do doświadczenia wybrano dwie odmiany papryki słodkiej Ożarowska F₁ oraz Roberta F₁. Na potrzeby doświadczenia paprykę uprawiano w dwóch sąsiadujących gospodarstwach (certyfikowanym ekologicznym oraz konwencjonalnym) podobnie, jak w publikacji [H6] gospodarstwa były zlokalizowane w pobliżu, aby wyeliminować wpływ niekontrolowanych warunków klimatyczno-glebowych. Zgromadzone dane wykazały, że proces marynowania zmienił skład chemiczny i parametry sensoryczne otrzymanego produktu końcowego. Obniżyła się zawartość suchej masy, cukrów ogółem i redukujących, a znacząco wzrosła kwasowość przetworów zarówno ekologicznych, jak i konwencjonalnych. Niestety obniżyła się również zawartość witaminy C we wszystkich badanych próbkach papryki marynowanej. Zjawisko to mogło być związane z „osmotycznym przemieszczeniem się” witaminy C z fragmentów owoców do zalewy octowej, jako do środowiska o wyższej kwasowości w porównaniu z kwasowością fragmentów owoców [9]. W trakcie przygotowania próbek owoców do badań wykorzystano tylko owoce papryki marynowanej, bez zalewy i to mogło być przyczyną niższej zawartości (strat) witaminy C w marynatach w porównaniu z owocami świeżymi. Jednocześnie owoce papryki w trakcie przygotowania marynat były narażone na kontakt z tlenem (w czasie krojenia owoców), co

również mogło przyczynić się do spadku zawartości witaminy C w produkcie marynowanym. Jednak docelowo w marynowanej papryce ekologicznej pozostało więcej witaminy C w porównaniu z papryką marynowaną pozyskaną z systemu konwencjonalnego. Proces marynowania przyczynił się do zmian zawartości flawonoidów w owocach papryki, ale zaobserwowano tu różnice pomiędzy badanymi odmianami. Ciekawy wydaje się również fakt, że owoce papryki marynowanej z produkcji konwencjonalnej zawierały więcej beta-karotenu w porównaniu z owocami ekologicznymi, chociaż w owocach świeżych zawartość tego związku była podobna zarówno w próbkach ekologicznych, jak i konwencjonalnych. Papryka ekologiczna świeża charakteryzowała się wyższą zawartością luteiny w owocach w porównaniu z próbkami konwencjonalnymi. Po przeanalizowaniu wyników badań sensorycznych stwierdzono, że ekologiczna papryka marynowana otrzymała wyższe noty jakościowe dla zapachu paprykowego i przyprawowego oraz w zakresie smaku piekącego, paprykowego i słodkiego, jak też dla jakości ogólnej. Kolejnym ważnym aspektem przetwórstwa papryki jest pasteryzacja produktu oraz jego przechowywanie. Pasteryzacja ma na celu zachowanie czystości biologicznej wyprodukowanej marynaty, zaś przechowanie odzwierciedla czas, który upływa od momentu jej wyprodukowania przez łańcuch dystrybucji aż do dostarczenia na stół konsumenta. I to właśnie te aspekty były obiektem badań omówionych w artykule [H8]. W omawianej pracy porównano przetwory (paprykę marynowaną dwóch różnych odmian Roberta F₁ oraz Berceo F₁ z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej) bezpośrednio po wykonaniu marynat (przetwory świeże), marynaty poddane procesowi pasteryzacji oraz marynaty po okresie sześciomiesięcznego przechowania. Procesy termicznego utrwalania oraz przechowania produktu niekorzystnie wpłynęły na zawartość witaminy C. W przypadku zawartości flawonoli ogółem, kwasów fenolowych oraz beta-karotenu próbki ekologiczne bezpośrednio po wykonaniu marynat zawierały więcej tych związków w porównaniu z próbkami konwencjonalnymi. Jednocześnie zaobserwowano negatywny wpływ termicznej obróbki oraz czasu przechowania na zawartość tych związków w papryce marynowanej. Tylko w przypadku luteiny, po procesie pasteryzacji nie zaobserwowano spadku zawartości tego barwnika we wszystkich badanych próbkach marynat. Zjawisko to można tłumaczyć znacznie większą stabilnością termiczną luteiny w porównaniu z beta-karotenem i likopenem [15].

Proces zamrażania warzyw jest bardzo dobrą metodą na zachowanie ich wartości odżywczej. Jest to proces najmniej ingerujący w skład chemiczny warzyw. Niestety wiele witamin, a szczególnie witamina C jest bardzo wrażliwych na stosowane w przetwórstwie

termiczne metody utrwalania surowców i produktów. Zastosowanie blanszowania, poprzedzającego proces szybkiego mrożenia owoców papryki, przyczyniło się w znacznej mierze do zachowania witaminy C w porównaniu z owocami nieblanszowanymi [5]. W kolejnej prezentowanej pracy [H9] podjęto próbę oceny, w jaki sposób mrożenie wpłynęło na zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym w owocach papryki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. Do doświadczenia wybrano dwie odmiany papryki słodkiej Ożarowska F₁ oraz Roberta F₁. Oznaczono zawartość związków karotenoidowych, flawonoidów oraz witaminy C w owocach świeżych (przed mrożeniem) oraz po okresie przetrzymania mrożonych owoców w temp. -20°C. Pomimo, że proces mrożenia jest jednym z lepszych procesów zachowawczych, to jednak w owocach po mrożeniu zaobserwowano spadek zawartości beta-karotenu średnio o 50% wartości wyjściowej (oznaczonej w świeżych owocach papryki), zarówno w owocach ekologicznych jak i z upraw konwencjonalnych oraz dla obu badanych odmian. Zaobserwowano również wzrost zawartości luteiny w 100 g produktu średnio o 14% dla wszystkich kombinacji badanych owoców papryki. Zmiany w zawartości karotenoidów można tłumaczyć różnorodną termo stabilnością barwników: beta-karotenu i luteiny. Owoce po mrożeniu mają znacznie „jaśniejszą” barwę w porównaniu z barwą owoców świeżych. Jest to związane z większym udziałem barwy żółtej (luteina), a zmniejszeniem się udziału barwy pomarańczowo-brązowej (beta-karoten). Zawartość witaminy C po procesie mrożenia obniżyła się we wszystkich badanych próbkach. Warto jednak zauważyć, że papryka ekologiczna przed procesem mrożenia charakteryzowała się znacznie wyższą zawartością witaminy C w owocach w porównaniu z papryką konwencjonalną. Dlatego nawet gdy wystąpił spadek zawartości witaminy C we wszystkich badanych próbkach papryki, to i tak papryka ekologiczna zawierała więcej witaminy C w porównaniu z papryką z uprawy konwencjonalnej. Podobne zjawisko zaobserwowano w przypadku flawonoli. Zawartość rutyny (po procesie mrożenia) była niższa w porównaniu z owocami świeżymi dla obu badanych odmian, pochodzących z obu systemów uprawy, ale papryka ekologiczna charakteryzowała się wyższą końcową zawartością rutyny w owocach.

5.5. Podsumowanie jednotematycznego cyklu publikacji pt.: „Porównanie wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych warzywach z rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej z uwzględnieniem elementów przetwórstwa”

W wyniku przedstawionych badań popartych publikacjami potwierdzono założone na wstępie hipotezy badawcze. Wykazano, że świeże pomidory i papryka pozyskane z uprawy

ekologicznej charakteryzowały się wyższą wartością odżywczą, ponieważ zawierały więcej związków o charakterze przeciwutleniającym w porównaniu z warzywami wyprodukowanymi metodami konwencjonalnymi. Drugą pozytywnie zweryfikowaną hipotezą było wykazanie, że badane odmiany pomidorów i papryki różniły się pomiędzy sobą pod względem zawartości związków biologicznie czynnych i były to cechy warunkowane genetycznie, bowiem występowały bez względu na zastosowany system uprawy. Jednocześnie zaobserwowano silny wpływ roku (sezonu) uprawy na zawartość związków biologicznie czynnych w owocach omawianych warzyw psiankowatych. Przeprowadzone badania potwierdziły, że produkty otrzymane z przetworzenia warzyw psiankowatych, czyli sok pomidorowy oraz papryka marynowana i mrożona miały odmienny skład chemiczny w porównaniu z warzywami niepoddanymi przetworzeniu. Zaawansowana technika analityczna użyta do oceny zawartości związków biologicznie czynnych były pomocne w poznaniu i zrozumieniu zależności pomiędzy poszczególnymi związkami, a nie grupami związków, co pozwoliło na dogłębną interpretację powstałych różnic.

5.6. Stwierdzenia

Realizacja celu pracy oraz weryfikacja postawionych na wstępie hipotez badawczych pozwoliła na sformułowanie następujących stwierdzeń:

- zastosowana metoda uprawy (ekologiczna i konwencjonalna) miała istotny wpływ na kształtowanie wartości odżywczej świeżych warzyw psiankowatych;
- warzywa psiankowate z upraw ekologicznej wykazują w porównaniu do warzyw konwencjonalnych wyższą zawartość witaminy C oraz związków bioaktywnych z grupy polifenoli oraz karotenoidów;
- ważnym elementem sukcesu uprawy ekologicznej, ze względu na jakość surowca, jest właściwy dobór odmiany warzyw;
- przetwarzanie surowców ekologicznych i konwencjonalnych jest istotnym działaniem podjętym w celu zachowania ciągłości spożycia pomidorów i papryki w Polsce;
- właściwy dobór surowca do przetwórstwa daje gwarancję otrzymania produktów o wysokiej wartości biologicznej;
- zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych w ocenie zawartości związków biologicznie czynnych w owocach pomidora, papryki oraz ich przetworów daje

szczegółowy obraz różnic pomiędzy surowcami i produktami z systemów ekologicznego i konwencjonalnego.

5.7. Wniosek końcowy

Badania zaprezentowane w omówionych publikacjach na warzywach psiankowatych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej przyczyniają się do pogłębienia wiedzy na temat wpływu różnych systemów uprawy, a w szczególności systemu ekologicznego na wartość odżywczą i zawartość związków biologicznie czynnych w warzywach psiankowatych w polskich warunkach agrotechnicznych. Przedstawione problemy badawcze stanowią cenny wkład merytoryczny w stan wiedzy na temat jakości warzyw w produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Ze względu na wysoką wartość biologiczną i zawartość związków antyoksydacyjnych w omówionych warzywach psiankowatych i ich przetworach z produkcji ekologicznej, konsumpcja tych warzyw i produktów może przyczynić się do promocji zdrowia, szczególnie w świetle szerzenia się niezakaźnych chorób chronicznych.

6. Przebieg pracy naukowej z omówieniem pozostałych publikacji z dorobku naukowego

1 października 1994 roku zostałam studentką Wydziału Ogrodniczego, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Po pięciu latach nauki zdobyłam dyplom magistra inżyniera, przedstawiając pracę badawczą pt.: *„Ocena poziomu glutationu i askorbinianu, jako elementów systemu antyoksydacyjnego w wybranych genotypach warzyw kapustnych”*. Praca magisterska została oceniona jako bardzo dobra i po złożeniu egzaminu magisterskiego zakończyłam studia z oceną bardzo dobrą na dyplomie. Jednocześnie w 1997 roku rozpoczęłam studia w Równoległym Studium Nauczycielskim na Wydziale Ekonomiczno-Rolniczym, SGGW. Po zakończeniu Studium uzyskałam prawo do nauczania młodzieży i osób dorosłych w zakresie dziedzin zgodnych z kierunkiem studiów podstawowych. W roku 1999 rozpoczęłam Studia Doktoranckie na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu (dawniej Wydział Ogrodniczy) i po czterech latach przedstawiłam dysertację naukową pt.: *„Ocena plonowania i jakości owoców trzech wybranych typów pomidora w uprawie na welnie mineralnej”*. Rozprawa doktorska została oceniona jako bardzo dobra i po złożeniu wszystkich egzaminów i publicznej obronie zdobyłam tytuł doktora nauk rolniczych z zakresu warzywnictwa.

Pracę zawodową rozpoczęłam 1 października 2005 na stanowisku adiunkta w Zakładzie Żywności Ekologicznej na Wydziale Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji. Od tego momentu rozpoczęłam pracę naukową i dydaktyczną związaną z szeroko pojętym badaniem wartości odżywczej warzyw, owoców oraz ich przetworów z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.

Oprócz zagadnień dotyczących wartości odżywczej i zawartości związków biologicznie czynnych w warzywach psiankowatych i ich przetworach, przedstawionych w osiągnięciu naukowym stanowiącym podstawę wniosku, prowadziłam wiele prac badawczych głównie z zakresu szeroko pojętej analityki jakościowej warzyw, owoców i ich przetworów, a także nad wpływem związków bioaktywnych na zdrowie zwierząt. Realizowana przeze mnie tematyka naukowo-badawcza obejmuje następujące zagadnienia:

- 6.1 Grupa tematyczna 6.1.:** Wpływ metod uprawy na zawartość związków przeciwutleniających w pomidorach i papryce ekologicznej oraz przydatności tych warzyw do przetwórstwa, publikacje: [P3], [P11], [P2], [P36], [P13], [P6], [P4], [P23], [P44], [P24], [P18], [P31];
- 6.2 Grupa tematyczna 6.2.:** Analiza zawartości związków biologicznie czynnych w jabłkach oraz ich przetworach ze szczegółowym uwzględnieniem pochodzenia odmian oraz procesów przetwórczych, publikacje: [P1], [P45], [P10], [P8], [P9], [P12], [P15], [P17], [P22];
- 6.3 Grupa tematyczna 6.3.:** Wpływ metod uprawy na wartość odżywczą i zawartość związków o charakterze antyoksydacyjnym w warzywach korzeniowych i ich przetworach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, jak też ocena wpływu procesów termicznych stosowanych przy produkcji soków warzywnych, publikacje: [P25], [P41], [P16], [P19], [P34], [P32], [P33], [P45], [P47], [P53], [P33];
- 6.4 Grupa tematyczna 6.4.:** Opracowanie metod analizy związków biologicznie czynnych w surowcach zielarskich i roślinach przyprawowych z uwzględnieniem procesów ich wytwarzania, publikacje: [P38], [P39], [P46], [P52]
- 6.5 Grupa tematyczna 6.5.:** Charakterystyka i oznaczanie związków o charakterze przeciwutleniającym w owocach jagodowych uprawowych i tych pozyskiwanych ze

stanu naturalnego oraz w ich przetworach, publikacje: [P21], [P27], [P28], [P30], [P49], [P50], [M3];

6.6 Grupa tematyczna 6.6.: Ocena zawartości związków biologicznie czynnych w surowcach przeznaczonych do produkcji pasz dla zwierząt, jak i w samych paszach oraz potencjalny wpływ pasz pozyskanych z surowców ekologicznych i konwencjonalnych na dobrostan zwierząt, publikacje: [P29], [P51], [P55].

Tematyka badawcza określona w zadaniu **6.1** dotyczyła problematyki wpływu różnych technik upraw na skład chemiczny owoców pomidora. Drugim obiektem badań były owoce papryki słodkiej. W tym cyklu publikacji (innych niż te zaliczone do znaczącego dorobku naukowego) znalazły się również zagadnienia dotyczące wpływu procesów przetwórczych na końcówkę, jakość produktów pomidorowych i paprykowych. Dodatkowo wśród publikacji o tej tematyce znalazł się artykuł monograficzny omawiający pochodzenie i właściwości prozdrowotne pomidora i papryki z uwzględnieniem wpływu metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, na jakość owoców i wysokość plonu [M2].

Jednym z ważniejszych elementów uprawy pomidora pod osłonami jest właściwy dobór podłoża. Do najbardziej popularnych podłoży stosowanych w Polsce zaliczamy wełnę mineralną oraz podłoże z mat kokosowych. Prawidłowo dobrane dają gwarancję otrzymania dobrego plonu o wysokiej wartości biologicznej owoców. Drugim czynnikiem mającym wpływ na wymienione parametry jest nawożenie. Szczególnie istotnym pierwiastkiem w uprawie pomidora jest azot, który jest określany jako pierwiastek plonotwórczy. Pomidor to wspaniałe źródło licznych związków o charakterze przeciwutleniającym (karotenoidy, polifenole, witamina C), ale również makro- i mikroelementów, szczególnie potasu i magnezu. W doświadczeniach opisanych w publikacjach [P3], [P11], [P2] oraz [P35] podjęto wyżej opisaną problematykę wpływu podłoży alternatywnych oraz poziomu nawożenia azotowego na wartość owoców pomidora w uprawie pod osłonami. Przy uprawie pomidorów na wełnie mineralnej, szczególnie w cyklu wiosenno-letnim, stwierdzono w owocach pomidorów wyższą zawartość azotu i wapnia, zaś owoce pozyskane z roślin uprawianych na podłożu kokosowym charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością fosforu i magnezu. W cyklu jesiennym stwierdzono zmiany zawartości makroelementów w owocach pomidorów. Rośliny uprawiane na podłożu kokosowym charakteryzowały się owocami o wyższej zawartości azotu, fosforu, potasu i wapnia w porównaniu z owocami otrzymanymi z roślin uprawianych na podłożu z wełny mineralnej [P3]. Wysokość plonu oraz jego jakość są

czynnikami decydującymi o wyborze metody uprawy pomidorów pod osłonami. Wełna mineralna sprzyja zwiększeniu plonów, choć dyskusyjny pozostaje fakt jakości owoców. Dlatego też zaczęto poszukiwać alternatywnych podłoży do upraw. Stosując podłoże z włókien kokosowych otrzymuje się owoce o wyższej wartości odżywczej, ale niższym plonie. W doświadczeniu zaprezentowanym w publikacji [P11] zbadano wpływ podłoża kokosowego na wartość biologiczną owoców dwóch odmian pomidorów drobnoowocowych Conchita F₁ oraz Favorita F₁ i jednej odmiany standardowej Cunero F₁. Przedstawione wyniki wyraźnie wskazują, że pomidory (bez względu na badaną odmianę) uprawiane na matach z włókien kokosowych charakteryzowały się wyższą zawartością suchej masy, witaminy C, beta-karotenu, likopenu oraz flawonoli w porównaniu z uprawianymi na wełnie mineralnej.

Poziom nawożenia azotowego miał istotny wpływ na gromadzenie się mikroelementów w owocach badanych odmian pomidora. Przy zastosowaniu zmiennego nawożenia azotowego (140/210 mg/L), w cyklu wiosenno-letnim w uprawach na wełnie mineralnej, stwierdzono, że owoce pomidora gromadziły więcej fosforu, potasu i wapnia, natomiast w cyklu jesiennym więcej wapnia i magnezu było w owocach otrzymanych z roślin uprawianych przy niskim poziomie nawożenia azotowego (140 mg/L). Najwięcej fosforu było w owocach uprawianych przy stałym, wysokim poziomie nawożenia azotem (210 mg/L). Dla producentów ważnym wskaźnikiem opłacalności produkcji jest wysokość plonu, dlatego też wybierają uprawy na wełnie mineralnej [P2]. Dużym problemem w tego typu uprawach jest pozostałość podłoża po zakończonym cyklu uprawy. Wełna mineralna jest podłożem trudnym do utylizacji (jest to stopiona i przetworzona skała bazaltowa). Pozostaje więc po uprawie i stanowi poważne obciążenie dla środowiska. Problem ten nasila się szczególnie w krajach, w których uprawa pomidorów pod osłonami odbywa się na ogromną skalę (Holandia). Okazuje się, że pomidory pod osłonami można uprawiać w podłożu naturalnym, bez potrzeby wprowadzania podłoży alternatywnych [P35]. Nawożenie organiczne jest ważnym elementem stosowanym w rolnictwie ekologicznym i jak to już podkreślono, w prezentowanych pracach rozprawy habilitacyjnej, ma istotny wpływ na jakość plonu pomidorów. Jednak nie tylko sposób nawożenia i dawka nawozu, ale również czas uprawy ma istotny wpływ na wysokość plonu i wartość odżywczą owoców pomidora. Długofalowe stosowanie nawozów organicznych w uprawie pomidora pod osłonami przyczynia się do stabilizacji gleby, wytworzenia bogatego kompleksu sorpcyjnego oraz rozwoju mikroflory i mikrofauny glebowej. Przy takiej kondycji gleby następuje równomierny rozkład materii organicznej i uwalnianie się makro- i mikroelementów do kompleksu sorpcyjnego, z którego później korzystają rośliny pomidorów

w trakcie okresu wegetacyjnego. W doświadczeniu opisanym w publikacji [P35] uprawiano pomidory z zastosowaniem trzech kombinacji nawożenia organicznego i mineralnego: ORG (nawożenie organiczne z użyciem słomy); ORGWS (nawożenie organiczne bez użycia słomy) oraz CONV-S (nawożenie mineralne w glebie). Oznaczono zależności pomiędzy związkami biologicznie czynnymi w owocach pomidorów (beta-karotenem, likopenem, flawonoidami, cukrami oraz kwasami organicznymi), a makro- i mikroelementami w glebie. Otrzymane wyniki wskazały, że zawartość beta-karotenu w owocach pomidorów silnie zależała od niskiej dawki azotu, wapnia i magnezu. W przypadku kwercetyny zaobserwowano silną pozytywną korelację z takimi makroelementami jak: potas oraz fosfor. Plon uzyskany ze wszystkich kombinacji nawożenia był bardzo zbliżony. W podsumowaniu badań wykazano, że trzyletni system uprawy to czas zbyt krótki na prawidłową stabilizację biologiczną środowiska korzeniowego roślin. Gleba nawożona organicznie potrzebuje dłuższego okresu, aby wejść w stan stabilizacji, w którym pobieranie jonów zachodzi znacznie sprawniej, a efektem tego jest wyraźne zwiększenie plonu w systemie nawożenia organicznego, jak też wyższa wartość biologiczna owoców pomidora. W kolejnej publikacji [P13] przeanalizowano wpływ uprawy w tunelu nieogrzewanym i uprawy polowej (obie w systemie ekologicznym i konwencjonalnym), na wartość odżywczą i sensoryczną owoców pomidora. W pracy [P13] przebadano cztery odmiany pomidorów polowych standardowych: Rumba F₁, Juhas F₁, Kmicic F₁, Gigant F₁ oraz jedną odmianę drobnoowocową Koralik. Stwierdzono istotny wpływ metody uprawy na wartość biologiczną owoców pomidora. W owocach pomidorów ekologicznych stwierdzono istotnie wyższą zawartość suchej masy, cukrów ogółem i redukujących, kwasów organicznych, beta-karotenu, witaminy C oraz kwercetyny w porównaniu z pomidorami uprawianymi na polu konwencjonalnym, które były zasobniejsze w likopen. W kolejnej omawianej publikacji [P6] podjęto problem oceny wartości odżywczej owoców różnych odmian pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej oraz zawartości w nich związków biologicznie czynnych z uwzględnieniem czasu zbioru owoców. Do doświadczenia wybrano trzy odmiany pomidorów standardowych Atol F₁, Awizo F₁ oraz Etna F₁ oraz dwie odmiany drobnoowocowe Piko F₁ i Koralik. Te same odmiany uprawiano na certyfikowanym polu ekologicznym w Skierniewicach oraz zlokalizowanym w pobliżu doświadczalnym polu konwencjonalnym. Analizy jakości owoców przeprowadzono na początku i pod koniec okresu plonowania roślin pomidora. Zgromadzone wyniki wskazały, że pomidory ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością cukrów ogółem i redukujących, witaminy C, bez względu na czas zbioru owoców, w porównaniu z owocami konwencjonalnymi, które zawierały istotnie więcej likopenu we wszystkich owocach bez

względu na termin zbioru. Zawartość beta-karotenu była istotnie wyższa w owocach ekologicznych i tylko pierwszym terminie zbioru owoców, czyli na początku okresu owocowania. Pomidory ekologiczne charakteryzowały się też wyższą zawartością flawonoidów ogółem w porównaniu z pomidorami ekologicznymi. W publikacji [P4] podjęto problem wpływu okrywania gleby na wartość odżywczą pomidorów polowych odmiany Etna F₁ oraz odmian drobnoowocowych Piko F₁ i Koralik, jak też papryki słodkiej odmiany Roberta F₁ w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej. Zgromadzone wyniki wykazały, że w owocach pomidorów ekologicznych stwierdzono istotnie więcej beta-karotenu, witaminy C, kwercetyny i suchej masy, bez względu na badany rodzaj ściółki i odmiany. Zaś w przypadku papryki ekologicznej najlepsze było mulczowanie roślin słomą. W tej kombinacji owoce papryki charakteryzowały się najwyższą zawartością suchej masy, flawonoidów, beta-karotenu i witaminy C w porównaniu z owocami pochodzącymi z roślin mulczowanych innymi materiałami ogrodniczymi.

Sok pomidorowy jest jednym z chętniej spożywanych soków warzywnych na rynku polskim. W roku 2012 zajmował piąte miejsce wśród grupy soków spożywanych przez konsumentów. Sok pomidorowy zachowuje wiele cennych właściwości pomidora, ale jednocześnie dzięki przetworzeniu owoców zyskuje nowe cechy, których nie mają świeże pomidory. Dzięki termicznemu przetworzeniu pulpy owocowej, podczas przygotowania soku, następuje zmiana konfiguracji likopenu z formy *all-trans* do *all-cis*. Dzięki temu zwiększa się znacznie biodostępność likopenu dla człowieka. W publikacjach [P23] i [P43] oceniono wartość odżywczą soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej oraz wpływu termicznej obróbki produktu, na jakość końcową. Świeżo przygotowany sok pomidorowy z produkcji ekologicznej charakteryzował się istotnie wyższą zawartością suchej masy, witaminy C, likopenu oraz flawonoidów w porównaniu z sokami konwencjonalnymi, które były zasobniejsze w beta-karoten i kwas glutaminowy. W publikacji [P43] wykazano, że sok pomidorowy otrzymany z pomidorów ekologicznych charakteryzował się istotnie wyższą zawartością cukrów redukujących, likopenu oraz nieznacznie wyższą zawartością kwasu l-askorbinowego oraz beta-karotenu w porównaniu z próbkami soków konwencjonalnych. Jednocześnie zaobserwowano, że soki pomidorowe ekologiczne cechowała wyższa zawartość kwasów fenolowych ogółem oraz flawonoli, natomiast związki z grupy flawononów były w większej ilości obecne w sokach konwencjonalnych. Proces pasteryzacji przyczynił się do wzrostu zawartości suchej masy, cukrów redukujących, kwasów organicznych oraz wolnych aminokwasów w próbkach soków pomidorowych. W

próbkach soków pomidorowych świeżych z produkcji konwencjonalnej stwierdzono wyższą zawartość kwasu p-kumarynowego oraz naringiny, zaś pozostałe zidentyfikowane związki fenolowe były w większej ilości obecne w pomidorowych sokach ekologicznych. Proces pasteryzacji soków świeżych przyczynił się do zmian w zawartości wykrytych kwasów fenolowych, szczególnie galusowego i p-kumarynowego, oraz pozostałych związków flawonoidowych.

Kolejny cykl publikacji dotyczył wartości odżywczej owoców papryki z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej oraz wybranych zagadnień z jej przetwórstwa. W publikacji [P18] do badań wybrano dwie odmiany papryki słodkiej Ożarowska F₁ oraz Roberta F₁. Doświadczenie przeprowadzono w dwóch certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych i położonych w okolicy dwóch gospodarstwach konwencjonalnych. Metoda uprawy wpłynęła istotnie tylko na zawartość witaminy C w badanych odmianach papryki słodkiej. Odmiany użyte do doświadczenia w odmienny sposób zareagowały na zastosowaną metodę uprawy. Odmiana Ożarowska F₁, bez względu na rodzaj uprawy, była bogatsza w witaminę C oraz flawonoidy. W systemie konwencjonalnym odmiana Roberta F₁ wytworzyła więcej suchej masy w owocach. W publikacji [P24] omówiono problem wpływu procesu marynowania na zawartość związków biologicznie czynnych w owocach papryki wielkoowocowej. Odmiany papryki omawiane w publikacji [P18] poddano procesowi marynowania po czym w przetworach oceniono zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym oraz przeprowadzono ocenę sensoryczną produktu marynowanego. Proces marynowania zmienił skład chemiczny owoców papryki, chociaż ekologiczna papryka marynowana nadal zawierała więcej witaminy C w porównaniu z papryką konwencjonalną. W ocenie sensorycznej papryka ekologiczna uzyskała wyższą notę dla smaku słodkiego i pożądalności ogólnej. Zaobserwowano również silną zależność pomiędzy zawartością flawonoidów a smakiem ostrym, szczególnie w próbkach papryki konwencjonalnej.

Tematyka poruszana w zagadnieniu 6.2. dotyczyła szeroko zakrojonej analizy związków biologicznie czynnych w jabłkach z uwzględnieniem ich pochodzenia oraz wpływu licznych procesów przetwórczych na wartość kremogenu i soku jabłkowego. Polska jest jednym z ważniejszych producentów jabłek w systemie konwencjonalnym w Europie z roczną produkcją tych owoców w ilości 2 800 tys. ton w roku 2012 [23]. Jabłka są chętnie spożywane przez konsumentów w stanie świeżym oraz stanowią cenny surowiec do przetwórstwa. Produkuje się z nich soki klarowane i mętne, przeciera, musy, marmolady, chipsy, wina [26]. Sok jabłkowy jest jednym z częściej spożywanych przez polskich

konsumentów (14,3%) wszystkich wybieranych soków, zaraz za sokami wielowarzywnym (21,0%) oraz pomarańczowym (24,6%) [1]. Ekologiczne sady i jagodniki stanowią zaledwie 13,3% całej ekologicznej produkcji roślinnej w Polsce [22] .

W publikacji **[P1]** do doświadczenia wybrano trzy odmiany jabłek Jonagold, Cortland i Lobo. Jabłka uprawiano w dwóch sadoch produkcyjnych: ekologicznym i konwencjonalnym. W owocach jabłek oznaczono zawartość związków biologicznie czynnych oraz oceniono cechy sensoryczne. Wszystkie badane odmiany jabłek cechowały się wyraźnie silniejszym wybarwieniem skórki i zostały lepiej ocenione przez konsumentów, gdy pochodziły z produkcji ekologicznej. W przypadku oceny poszczególnych odmian jabłka odmiany Cortland otrzymały bardzo wysokie noty dla smakowitości i jakości ogólnej, ale tylko, gdy pochodziły z sadu ekologicznego. W przypadku pozostałych odmian nie stwierdzono istotnych różnic w ocenie sensorycznej. Jabłka odmian Cortland, Lobo i Jonagold z produkcji ekologicznej zawierały istotnie więcej witaminy C, flawonoidów i antocyjanów w porównaniu z jabłkami z produkcji konwencjonalnej. W publikacji **[P44]** rozszerzono problem badawczy w porównaniu z wcześniej prezentowanymi badaniami. Wyniki obserwacji dotyczyły doświadczenia wieloletniego (trzyletniego), jak też wykonano większą ilość analiz obrazujących wartość odżywczą owoców. Zgromadzone wyniki wskazały, że nie było większych różnic w ocenie sensorycznej pomiędzy jabłkami ekologicznymi a konwencjonalnymi. Natomiast jabłka ekologiczne charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu cukrowego oraz cukrów ogółem i cukrów redukujących w porównaniu z jabłkami konwencjonalnymi. Nie tylko sposób uprawy (metoda ekologiczna i konwencjonalna), ale również pochodzenie jabłek (odmiany nowe i odmiany dawne) miało istotny wpływ na zawartość w owocach związków biologicznie czynnych. W publikacji **[P10]** poddano badaniu owoce dawnych i nowych odmian jabłoni. Jabłka starych odmian zawierały istotnie więcej związków o charakterze antyoksydacyjnym (flawonole, antocyjany, witamina C). Odmianą zawierającą najwięcej suchej masy, flawonoli i witaminy C wśród starych odmian był Grafsztynek Inflancki. Wśród nowych odmian największą wartością odżywczą charakteryzowały się owoce odmiany Idared (wysoka zawartość suchej masy oraz witaminy C), Jonagold (wysoka zawartość flawonoli) oraz Cortland (wysoka zawartość antocyjanów). Jabłka są bardzo dobrym surowcem do przetwórstwa. Pozyskuje się z nich takie produkty jak: soki, przeciery, musy, kremogeny, susze, chipsy. Kolejne prace poświęcono ocenie zawartości związków biologicznie czynnych w sokach i kremogenach jabłkowych oraz wpływowi czynników technologicznych i czasu przechowania, na jakość końcową produktu

[P5], [P8], [P9], [P12], [P15], [P17], [P22]. Zgromadzony materiał oraz przeprowadzone analizy pozwoliły wykazać, że przeciery wytworzone z jablek ekologicznych charakteryzowały się wyższą zawartością związków polifenolowych w porównaniu z produktami konwencjonalnymi, podobnie jak przeciery wykonane z owoców dawnych odmian jabłoni były zasobniejsze w przeciwutleniacze. Proces pasteryzacji przyczyniał się do spadku zawartości związków biologicznie czynnych w produktach jabłkowych (soku i kremogenicie jabłkowym). Przechowywanie pasteryzowanych przecierów jabłkowych i soku sprzyjało dalszemu ubytkowi związków biologicznie czynnych w porównaniu z produktami świeżo przygotowanymi oraz pasteryzowanymi.

W ramach realizacji tematu określonego w punkcie **6.3**. podjęto badania dotyczące wpływu metod uprawy oraz procesów przetwórczych na jakość wybranych warzyw z grupy korzeniowych oraz ich przetworów. Warzywa korzeniowe (buraki i marchew) zajmują istotne miejsce wśród pięciu najważniejszych gatunków warzyw polowych uprawianych w Polsce. W roku 2012 powierzchnia uprawy marchwi konwencjonalnej wyniosła 30 tys. ha, a zbiory 840 tys. ton. Produkcja buraka ćwikłowego zajmuje czwarte miejsce w rankingu produkcji warzyw polowych. Uprawia się go na powierzchni 22 tys. ha, a zbiory wyniosły w 2012 roku aż 345 tys. ton [23]. Niestety uprawy ekologiczne buraków i marchwi stanowią tylko znikomy procent całkowitej produkcji tych warzyw. Porównanie wpływu systemu uprawy (ekologicznego i konwencjonalnego) na wartość odżywczą korzeni buraków ze szczegółowym uwzględnieniem zawartości związków biologicznie czynnych w burakach ćwikłowych było zakresem badań przedstawionych w publikacjach **[P25], [P41] i [P47]**. Zgromadzone wyniki wskazują, że zarówno metoda uprawy, jak i rok uprawy miały istotny wpływ na gromadzenie się związków biologicznie czynnych w korzeniach buraka ćwikłowego. Buraki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością witaminy C w porównaniu z burakami konwencjonalnymi. Natomiast w przypadku związków polifenolowych istotny wpływ metody uprawy zaobserwowano tylko w pierwszym roku doświadczenia **[P25]**, zaś w drugim roku doświadczenia różnice, które wystąpiły, nie były istotne statystycznie. Drugim badanym warzywem była marchew. W publikacjach **P[16], P[19] oraz P[34]** omówiono wpływ metod uprawy na jakość biologiczną korzeni marchwi, zaś w publikacjach **[P32], [P33], [P45] oraz [P53]** omówiono wpływ warunków przetwarzania marchwi oraz dobór właściwych odmian surowca i metod termicznego utrwalania produktu, na jakość końcową soku marchwiowego. Przeprowadzone badania wykazały, że marchew z uprawy ekologicznej zawierała istotnie więcej cukrów redukujących,

beta-karotenu oraz luteiny w korzeniach w porównaniu z marchwią uprawianą konwencjonalnie. Odmiany marchwi użyte do doświadczenia różniły się między sobą. Odmiana Perfekcja F₁ bez względu na rodzaj uprawy była bogatsza w cukry oraz beta-karoten, natomiast odmiana Flacoro F₁ w uprawie konwencjonalnej zawierała więcej suchej masy i luteiny w korzeniach. Sok marchwiowy cieszy się dużą popularnością wśród konsumentów. W roku 2012 sok marchwiowy zajął drugie miejsce w popularności spożycia przez polskich konsumentów (21%), zaraz za sokiem pomarańczowym (25%). Na trzecim miejscu znalazł się sok jabłkowy (14,3%) [1]. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wystąpiły różnice w wartości odżywczej pomiędzy sokami z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Badane soki marchwiowe, świeże z produkcji ekologicznej, miały istotnie wyższą kwasowość ogólną oraz zawierały nieznacznie więcej suchej masy oraz cukrów redukujących w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Natomiast soki konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kwasów fenolowych i witaminy C oraz zawierały nieznacznie więcej beta-karotenu i luteiny. Proces pasteryzacji soków marchwiowych, zarówno ekologicznych, jak i konwencjonalnych przyczynił się do wzrostu zawartości suchej masy, cukrów redukujących, wyższej kwasowości i większej zawartości luteiny, zaś obniżeniu uległa zawartość cukrów ogółem, kwasów fenolowych, beta-karotenu oraz witaminy C. Dobór odmiany jest bardzo ważnym czynnikiem przy produkcji soków marchwiowych i w sposób istotny może wpływać, na jakość otrzymanego soku marchwiowego. W omawianych publikacjach badano osobno sok wykonany z marchwi odmiany Perfekcja F₁ oraz z marchwi odmiany Flacoro F₁. Producenci soków marchwiowych bardzo często wybierają do produkcji soków odmianę Flacoro F₁, ze względu na dobre parametry jakościowe korzeni (korzenie równe i duże). Natomiast badania nad aspektami jakościowymi omówione w publikacjach wskazują, że odmianą o wyższej zawartości beta-karotenu oraz cukrów ogółem i cukrów redukujących była odmiana Perfekcja F₁. Opisane powyżej cechy powinny decydować w większym stopniu o przydatności odmiany do przetwórstwa, niż cechy fizyczne korzeni. Po procesie pasteryzacji w badanych próbkach soków zaobserwowano zmiany zawartości cukrów ogółem i redukujących, suchej masy, kwasowości oraz witaminy C.

Kolejny temat badawczy omówiony w zbiorze publikacji **6.4.** dotyczył szeroko pojętego zagadnienia badania zawartości związków biologicznie czynnych w surowcach zielarskich oraz roślinach przyprawowych. W publikacjach [P38], [P39], [P46] oraz [P52] przedstawiono metody ekstrakcji i wpływu warunków uprawy na zawartość związków polifenolowych i

karotenoidów w gatunkach ziół takich jak: melisa lekarska (*Melissa officinalis* L.), mięta pieprzowa (*Mentha piperata* L.), lubczyk ogrodowy (*Levisticum officinale*), szalwia lekarska (*Salvia officinalis* L.), tymianek pospolity (*Thymus vulgaris*), rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*). Dodatkowo zbadano wpływ metody uprawy (ekologicznej i konwencjonalnej), na jakość pozyskiwanego surowca zielarskiego. Zgromadzone wyniki wskazują, że sposób uprawy miał istotny wpływ na zawartość związków polifenolowych w badanych gatunkach ziół. W grupie badanych przypraw na szczególną uwagę zasługiwały tymianek i szalwia, które zawierały istotnie więcej witaminy C oraz flawonoidów, jak też rozmaryn, który był zasobny w kwasy fenolowe. W podsumowaniu badań nad roślinami przyprawowymi należy stwierdzić, że zioła, szczególnie te z produkcji ekologicznej powinny być stałym elementem naszej diety. Zawierają one wiele cennych związków o charakterze przeciwutleniającym, chroniących organizm konsumenta przed licznymi niezakaźnymi chorobami chronicznymi.

Publikacje zaliczone do zadania **6.5**, dotyczyły oceny zawartości związków biologicznie czynnych w owocach jagodowych (czarna porzeczka, aronia, jagoda leśna, borówka wysoka, malina, poziomka, jeżyna) oraz owocach pozyskiwanych ze stanu naturalnego (jarzab pospolity, pigwowiec japoński, róża pomarszczona, jabłoń jagodowa) [P49], [P50] oraz [M3]. Owoce jagodowe są wspaniałym źródłem związków antocyjanowych i flawonoidowych. Bezsprzecznie najwyższą zawartość antocyjanów zawierają owoce aronii nawet do 1500 mg/100 g śm. Pomimo tak wysokiej zawartości związków biologicznie czynnych w owocach aronii jest to owoc niedoceniany przez konsumentów. Owoce aronii oraz jej przetwory (np. sok) charakteryzują się bardzo cierpkim i gorzkim smakiem. Jest to związane z bardzo dużą zawartością garbników w owocach świeżych. Dlatego przed konsumpcją owoców zaleca się poddanie ich mrożeniu. Proces ten przyczynia się do degradacji garbników i cukrów złożonych i co za tym idzie znaczącej poprawy smaku owoców. W przetwórstwie aronię stosuje się raczej jako dodatek do innych soków o mdłym lub słodkim smaku w celu poprawienia ich jakości sensorycznej. Dlatego wśród konsumentów większym zainteresowaniem cieszą się soki mieszane (np. jabłkowo-aroniowe lub gruszkowo-aroniowe) w porównaniu z czystymi sokami aroniowymi. Wśród pozostałych badanych owoców jagodowych na szczególną uwagę zasługują: jagoda i jeżyna leśna, jak też malina. Wśród owoców zbieranych ze stanu naturalnego warto bliżej zainteresować się owocami róży pomarszczonej, której owoce zawierają aż 150 mg/100 g śm witaminy C oraz aż dwadzieścia razy więcej likopenu w porównaniu z pomidorami. Oceniono również wpływ uprawy (ekologicznej i konwencjonalnej) na zawartość związków biologicznie czynnych w owocach i

przetworach z czarnej porzeczki [P21], [P27], [P28], [P30] oraz [P37]. W omawianych publikacjach stwierdzono, że zawartość związków polifenolowych w owocach czarnej porzeczki zależała istotnie od systemu uprawy oraz badanej odmiany. Porzeczki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością flawonoidów, antocyjanów oraz witaminy C w porównaniu z owocami konwencjonalnymi.

Ostatnim zagadnieniem tematycznym zaliczonym do zadania 6.6. była ocena zawartości związków biologicznie czynnych w warzywach przeznaczonych do produkcji pasz dla zwierząt, zawartość tych związków w paszach oraz wpływ żywienia ekologicznego i konwencjonalnego na dobrostan zwierząt. Paszę dla zwierząt hodowanych w systemie ekologicznym należy produkować z zachowaniem wszystkich wytycznych dotyczących praktyk prowadzonych w gospodarstwach ekologicznych. Jak wykazano, we wcześniejszych publikacjach, system gospodarowania ekologicznego wpływał istotnie na zawartość związków bioaktywnych w warzywach i owocach. Również ekologiczne surowce przetworzone zachowywały swoją wyższą wartość biologiczną w porównaniu z produktami konwencjonalnymi, chociaż opisane metody przetwórstwa zmieniały skład końcowy produktu. Bardzo ważnym etapem w funkcjonowaniu gospodarstwa ekologicznego jest produkcja zwierzęca. Pasza dla zwierząt ma istotny wpływ na parametry zdrowotne. W publikacjach [P14], [P29], [P51] oraz [P55] wykazano, że karmienie szczurów paszą ekologiczną wpłynęło na ich parametry wzrostu, równowagę hormonalną, skład ciała oraz odpowiedź immunologiczną organizmu. Pasza wyprodukowana z surowców ekologicznych różniła się istotnie pod względem zawartości związków biologicznie czynnych w porównaniu z paszą konwencjonalną. Na podstawie tych faktów można postawić hipotezę mówiącą, że poziom substancji bioaktywnych w paszy dla zwierząt doświadczalnych może wpływać na funkcjonowanie organizmu tych zwierząt, w tym układ hormonalny i immunologiczny. Hipoteza ta wymaga potwierdzenia w dalszych badaniach.

7. Podsumowanie omówienia przebiegu pracy naukowej

W podsumowaniu omówienia pozostałych badań naukowych wykonanych przez habilitantkę i udokumentowanych w spisie publikacji przedstawiono pochodzenie pomidorów i papryki oraz wykazano, w jaki sposób czynniki uprawowe (nawożenie, system uprawy, podłoże oraz warunki agrotechniczne) mogą mieć wpływ na wartość odżywczą owoców, a w szczególności zawartość związków biologicznie czynnych w ekologicznych płodach rolnych. Podjęto także badania na temat wpływu warunków przetwarzania na końcową jakość

produktów wykonanych z ekologicznych i konwencjonalnych pomidorów i papryki. Jabłka i ich przetwory są bardzo popularne wśród polskich konsumentów, dlatego zagadnienia jakości owoców i wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych omówiono w drugiej grupie tematycznej pozostałych badań naukowych. Jabłka ekologiczne były zasobniejsze w związki biologicznie czynne w porównaniu z jabłkami konwencjonalnymi. Jabłka dawnych (starych) odmian są polecane do upraw ekologicznych ze względu na lepsze przystosowanie się roślin do lokalnych warunków klimatycznych i uprawowych. Owoce dawnych odmian jabłoni charakteryzowały się wyższą zawartością związków biologicznie czynnych w porównaniu z owocami odmian towarowych (nowych). Podobnie jak produkty wykonane z jabłek (soki i przeciery) ekologicznych i owoców dawnych odmian charakteryzowały się wyższą wartością biologiczną w porównaniu z jabłkami konwencjonalnymi i owocami nowych odmian. W kolejnej grupie tematycznej poruszono temat wartości odżywczej warzyw korzeniowych (marchwi i buraków) oraz ich przetworów (sok marchwiowy) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. W tej części omawianego dorobku wykazano, że warzywa polowe w środowisku ekologicznym i konwencjonalnym podlegają większej ilości czynników agrotechnicznych (gleba, nawożenie, nawadnianie, nasłonecznienie) w porównaniu z kontrolowanymi uprawami pomidorów czy papryki pod osłonami. Pomimo tych trudności wykazano, że marchew i buraki z produkcji ekologicznej charakteryzowały się wyższą wartością biologiczną w porównaniu z warzywami konwencjonalnymi. Jednocześnie wykazano, że wysoka jakość surowca, przy prawidłowym sposobie przetwórstwa również daje produkt wysokiej jakości. W kolejnej grupie tematycznej przedstawiono wpływ ekologicznych i konwencjonalnych metod uprawy na wartość biologiczną roślin zielarskich i przyprawowych. Warto zwrócić uwagę, że rośliny zielarskie i przyprawowe z produkcji ekologicznej charakteryzowały się nie tylko wyższą zawartością związków biologicznie czynnych w porównaniu z roślinami uprawianymi konwencjonalnie, ale również wykazały innych skład jakościowy. W roślinach ekologicznych wykryto pewne związki polifenolowe, które nie występowały w roślinach konwencjonalnych. Owoce jagodowe i owoce pozyskiwane ze stanu naturalnego stanowią bogactwo ważnych dla zdrowia związków o charakterze przeciwutleniającym. W cyklu publikacji poświęconych badaniu składu chemicznego tych ciekawych i mało docenianych owoców wykazano, że mogą stanowić one pro zdrowotny dodatek do codziennie spożywanej żywności. W kolejnym cyklu publikacji o wpływie pasz skomponowanych z surowców ekologicznych i konwencjonalnych wykazano, że pasze te pozytywnie wpłynęły na organizm zwierząt doświadczalnych, a w szczególności na ich układ hormonalny i immunologiczny. Istnieje też

pilna potrzeba potwierdzenia wpływu diety ekologicznej vs. konwencjonalnej na organizmy zwierząt hodowlanych i człowieka.

8. Cytowana literatura

- [1] AIJN (2012) Liquid Fruit Market Report 24-35
- [2] Babik J., Dyśko I., Babik I., Adamicki F., Dobrzański A., Nawrocka B., Robak J. (2004) Ekologiczne metody uprawy pomidora w gruncie i pod osłonami materiały dla rolników, Radom, 4-6
- [3] Bucheli P., Voirol E., de la Torre R., Lopez J., Rytz A., Tanksley S. D., Petiard V. (1999) Definition of nonvolatile markers for flavor of tomato as tools in selection and breeding. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 47, 659 - 664.
- [4] Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J.C., Bouteloup-Demange C., Borel P. (2004) Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 21, 6503-6509
- [5] Castro S.M., Saraiva J.A., Lopes-da-Silva J.A., Delgadillo I., Van Loey A., Smout Ch., Hendrickx M. (2008) Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annum L.*) *Food Chemistry*, 107, 4, 1436–1449
- [6] Chassy A.W., Bui L., Renaud E.N.C., van Horn M., Mitchell A.E., (2006) Three year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 824-8252
- [7] Coley P.D., Bryant J.P., Chapin III F.S. (1985). Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230, 895–899
- [8] Collera-Zúñiga O., Jiménez F.G., Gordillo R.M. (2005) Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annum L.*, *Food Chemistry*, 90, 1–2, 109–114
- [9] da Silva T.M., Sanjinez E.J., Sanchez-Argandoña, G.S. Madrona, Freitas Moraes I.C., Windson C., Haminiuk I., Branco I.G. (2012). Influence of osmotic dehydration on ascorbic acid loss in pickled dry peppers (*Capsicum chinense*) *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal*, 55, 5, 763-769
- [10] de Jong T.J. (1995) Why fast-growing plants do not bother about defence. *Oikos* 74, 545-548
- [11] Fanasca S., Colla G., Maiani G., Venneria E., Rouphael Y., Azzini., Saccardo F. (2006) Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4319-4325
- [12] Ford N., Erdman J.W. (2013) Lycopene and cancer, *Carotenoids and Human Health Nutrition and Health* DOI 10.1007/978-1-62703-203-2_12, 193-214

- [13] Giovannucci E. (1999) Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature, *Journal of the National Cancer Institute*, 91 4, 317-331
- [14] Hallmann E. (2003) Ocena plonowania i jakości owoców wybranych typów pomidora w uprawie na wleń mineralnej, praca doktorska SGGW, 116
- [15] Henry L.K., Catingani G.L., Schwartz S.J. (1998) Oxidative degradation kinetics of lycopene, lutein and 9-cis and all-trans beta-carotene. *JAOCs*, 75, 7, 823-829
- [16] Hobson G. E., Kilby P. (1984) Methods for tomato fruit analysis as indicators of consumer acceptability. Report of the Glasshouse Crops Research Institute 129 -136.
- [17] Lee Y., Howard L.R., Villalón B. (2006) Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Food Sciences*, 60, 3, 473-476
- [18] Lorio Jr P.L., Growth-differentiation balance: a basis for understanding southern pine beetle–tree interactions. *Forest Ecol Manag* 14:259–273 (1986).
- [19] López-Carrillo L., López-Cervantes M., Robles-Díaz G., Ramírez-Espitia A., Mohar-Betancourt A., Meneses-García A., López-Vidal Y., Blair A. (2003) Capsaicin consumption, *Helicobacter pylori* positivity and gastric cancer in Mexico, *International Journal of Cancer*, 106, 2, 277–282,
- [20] Odriozola-Serrano J., Soliva Fortuny R., Martín-Bellono O. (2008) Effect of minimal processing on bioactive compounds and colour attributes of fresh-cut tomatoes. *LWT Food Sciences and Technology* 41, 217-226
- [21] Park J., Kim S., Moon B.K. (2011) Changes in carotenoids, ascorbic acids, and quality characteristics by the pickling of paprika (*Capsicum Annuum L.*) cultivated in Korea, *Journal of Food Science* 76, 7, 1075–C1080
- [22] Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2009-2010. GIJHARS.
- [23] Rocznik statystyczny rolnictwa (2012) Główny Urząd Statystyczny, Warszawa
- [24] Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. W sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 189/1
- [25] Saar F, Tsai P-J (2008) Effect of acidification on PE activity, color and antioxidant properties of cold break tomato juice. *J Food Quality* 31: 34-47
- [26] Świetlikowska K. (2008). Surowce roślinne pochodzenia roślinnego, wyd. SGGW.
- [27] Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E. (2012) Ocena przydatności do przetwórstwa owoców wybranych odmian pomidora gruntowego, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2, 81, 77-87.

Beata Hallmann