

**Dr inż. Elżbieta Wszelaczyńska**

Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności

Wydział Rolnictwa i Biotechnologii

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy

## Autoreferat

---

*Opis dorobku i osiągnięć naukowych*

*(Załącznik 2)*

**1. Imię i nazwisko**

Elżbieta Wszelaczyńska (z d.Piekarska)

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej****2.1.** Stopień: doktor nauk rolniczych w dyscyplinie agronomia

Miejsce: Akademia Techniczno Rolnicza w Bydgoszcz (obecnie Uniwersytet Technologiczno Przyrodniczy w Bydgoszczy), Wydział Rolnictwa (obecnie Wydział Rolnictwa i Biotechnologii), Bydgoszcz 2000

Tytuł rozprawy: „Zależność watorów odżywczych, użytkowych i przechowalniczych bulw ziemniaka od nawożenia magnezem”

**2.2.** Tytuł: magister inżyniera rolnictwa

Miejsce: Akademia Techniczno Rolnicza w Bydgoszcz (obecnie Uniwersytet Technologiczno Przyrodniczy w Bydgoszczy), Wydział Rolnictwa (obecnie Wydział Rolnictwa i Biotechnologii), Bydgoszcz 1982

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

3.1. od 2012 do chwili obecnej na stanowisku specjalista naukowo-techniczny w Katedrze Mikrobiologii i Technologii Żywności Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

3.2. od 2001 do 2012: specjalista naukowo-techniczny w Katedrze Technologii Żywności Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

3.3. od 1983 do 2001 na stanowisku starszy technik w Zakładzie Przetwórstwa i Przechowalnictwa Produktów Roślinnych, Wydziału Rolnictwa (obecnie Wydział Rolnictwa i Biotechnologii), Akademii Techniczno Rolniczej im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy)

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 ze zm.)****A) Tytuł osiągnięcia naukowego**

Osiągnięciem będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl dziesięciu oryginalnych prac twórczych, ujętych pod wspólnym tytułem: „Badania

uwarunkowań zapewniających odpowiednią jakość ziemiaka i marchwi oraz produktów ich przetworzenia”, opublikowanych w latach 2004-2015.

**B) Publikacje będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego:**

- 4.1. Rogozińska I., **Wszelaczyńska E.**, Pińska M. 2004. *Effect of magnesium on consumption and technological quality of cv. Mila*. Journal of Elementology, 9 (4): 707-716. (**IF<sub>2014</sub> = 0,690; pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 15**)
- 4.2. Rogozińska I., **Wszelaczyńska E.**, Wichrowska D. 2005. *Effect of Bioelements (Mg, N, K) and Herbicides on Vitamin C Content in Potato Tubers. Part. I. Vitamin C content in potato tubers immediately after harvest*. Journal of Elementology, 10(4): 999-1008. (**IF<sub>2014</sub> = 0,690; pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 15**)
- 4.3. **Wszelaczyńska E.**, D. Wichrowska, I. Rogozińska, 2005. *Effect of Bioelements (Mg, N, K) and Herbicides on Vitamin C Content in Potato Tubers. Part. II. Dynamics of the vitamin C changes in stored potato tubers*. Journal of Elementology, 10(4): 1117-1125. (**IF<sub>2014</sub> = 0,690; pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 15**)
- 4.4. **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J. 2011. *Effect of foliar magnesium fertilization and storage on some parameters of the nutritive value of carrot storage roots*. Journal of Elementology, 16(4): 635-649. (**IF<sub>2014</sub> = 0,690; pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 15**)
- 4.5. Pobereżny J., **Wszelaczyńska E.** 2011. *Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses. Part II. Content of dry matter and starch*. Journal of Elementology, 16(2): 237-246. (**IF<sub>2014</sub> = 0,690; pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 15**)
- 4.6. Pobereżny J., **Wszelaczyńska E.**, Keutgen A. J. 2014. *Cultivar-specific variation in the content of nitrates (V) and (III) depending on potato tuber storage*. Environmental Protection and Natural Resources, Vol. 25, no 4(62): 13-17. (**pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 5**)
- 4.7. **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J., Keutgen A. J. 2014. *Effect of genetic conditions, foliar fertilisation with magnesium and storage on the content of nitrates (V) and (III) in the storage roots in carrot*. Environmental Protection and Natural Resources. Vol. 25, no 4(62): 7-11. (**pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 5**)
- 4.8. Keutgen A. J., **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J. 2014. *Influence of cultivar and UGmax on antioxidative properties of carrot roots (Daucus carota L.) and their stability during freezing process*. Environmental Protection and Natural Resources. Vol. 25, no 4(62): 19-22. (**pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 5**)
- 4.9. Keutgen A.J., Pobereżny J., **Wszelaczyńska E.**, Murawska B., Sychaj-Fabisiak E. 2014. *Wpływ przechowywania na procesy ciemnienia bulw ziemniaka (Solanum tuberosum L.) i ich właściwości prozdrowotne*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 53(2): 86-88. (**pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 5**)

- 4.10. **Wszelaczyńska E.** Pobereżny J., Gruszczewski M. 2014. *Trwałość przechowalnicza i stabilność cech jakościowych wybranych odmian ziemniaka o różnym kierunku użytkowania*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 53(2): 127-129. (pkt MNiSW<sub>2014</sub> = 5)

Sumaryczny *impact factor* dla ww. publikacji wg listy Journal Citation Reports wynosi **3,450**. Suma punktów według Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych z dnia 17 grudnia 2014r. wynosi **100**. Wkład Wnioskodawcy w przygotowanie wymienionych publikacji obejmuje udział w tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebranie literatury, wykonanie większości doświadczeń, analizę, opracowanie i dyskusję wyników, przygotowanie manuskryptów, korespondencję z redakcjami oraz recenzentami. Oświadczenia współautorów, szczegółowo określające ich indywidualny wkład w powstanie wyżej wymienionych publikacji, zebrane są w formie Załącznika nr 6.

**C) Cel osiągnięcia naukowego wraz z omówieniem wyników i wskazaniem ich ewentualnego wykorzystania**

**Cel badań:**

W pracach monotematycznych dokumentujących osiągnięcie naukowe przedstawiłam wyniki badań, których głównym celem było przebadanie wybranych warzyw o różnych uwarunkowaniach genetycznych, uzyskanych unikalną technologią, wykorzystywanych jako surowiec do bezpośredniej konsumpcji oraz przetwórstwa na cele spożywcze.

Cel ogólny realizowano poprzez cele szczegółowe:

- a) ocena cech jakościowych decydujących o wartości konsumpcyjnej oraz odżywczej bulw ziemniaka,
- b) ocena przydatności bulw ziemniaka do produkcji wyrobów uszlachetnionych (frytki, chipsy),
- c) określenie wartości parametrów jakościowych produktów z ziemniaka uzyskanych technologią fryturowania,
- d) ocena wartości odżywczej korzeni spichrzowej marchwi przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji,
- e) walory żywieniowe i prozdrowotne przetworów uzyskanych z tradycyjnych i nietypowych (kolorowych) odmian marchwi,
- f) monitoring bezpieczeństwa związanego z obecnością związków szkodliwych dla zdrowia konsumenta w badanych warzywach (ziemniak i marchew) przeznaczanych do bezpośredniej konsumpcji i do przetwórstwa na różne produkty żywnościowe,
- g) ocena jakościowej ziemniaka i marchwi w zakresie wartości odżywczej, żywieniowej i technologicznej w okresie znacznie odbiegającym od zbiorów, przechowywanych tradycyjną i nowoczesną technologią,

- h) ocena przetworów fryturowanych uzyskanych z długotrwanie przechowywanego surowca ziemniaczanego.

### **Wstęp:**

W prawie Unii Europejskiej w Rozporządzeniu Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia definicja żywności została podana jako: „żywność (lub środek spożywczy) stanowi przetworzone i nieprzetworzone substancje przeznaczone do żywienia ludzi, służące do pokrycia zapotrzebowania na składniki odżywcze i energię, niezbędne do utrzymania funkcji życiowych, wzrostu, aktywności fizycznej i psychicznej”. Z tego względu nie tylko ważna jest jakość gotowego produktu spożywczego, ale również jakość surowca z którego jest on wytworzony. Jednocześnie do dbania o wartość biologiczną - już na etapie produkcji surowca - zmuszają producentów ciągle wzrastające wymagania stawiane ze strony odbiorców (Patras i in. 2009, Rios i in. 2012, Shahriari i in. 2013). Deficytowe składniki pokarmowe w produktach żywnościowych takie jak bioelementy oraz witaminy, mogą być uzupełniane nie tylko poprzez biofortyfikację gotowej żywności ale również poprzez wprowadzanie zmian w technologii pozyskiwania surowca. Zmiany te mają zawsze na celu poprawę jakości surowca wyjściowego, przeznaczanego nie tylko do bezpośredniej konsumpcji ale również do przetworstwa spożywczego. Obecnie zmiany w technologii pozyskiwania surowca wydają się być metodą bardziej racjonalną, gdyż w zakresie wymagań dotyczących żywności kontrola jakości produktu gotowego traci kluczowe znaczenie na rzecz jakości surowca wyjściowego. Wiadomo, że warunkiem umożliwiającym uzyskiwanie surowca bardzo dobrej jakości jest zrównoważone zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe w czasie całego okresu wegetacji a osiągnąć to można między innymi poprzez interwencyjne ich podawanie. Pozwala to również na zmniejszenie ich zużycia oraz obniżenie kosztów produkcji (Möller i in. 2007, White i Broadley 2009, Rios i in. 2012). Dynamiczny rozwój rynku żywnościowego na świecie i w Polsce jaki obserwuje się o ostatnich latach, wymusza dostosowywanie się tego rynku do dużych potrzeb współczesnego konsumenta. Współczesny konsument oczekuje bowiem, że żywność nie tylko wspomaga jego organizm w utrzymaniu dobrej kondycji fizycznej i psychicznej, ale spełni pomocniczą rolę w zapobieganiu a nawet leczeniu niektórych schorzeń oraz ułatwi kontrolowanie masy ciała (uzupełnienie diety) (Shahriari i in. 2013).

Warzywa, to jedno z głównych źródeł dostarczania organizmowi człowieka składników odżywczych i bioelementów. Do takich warzyw można zaliczyć marchew oraz ziemniak, który łączy w sobie pożywność roślin zbożowych oraz delikatność i skład chemiczny charakterystyczny dla warzyw. Spożywa się je w formie surowej (marchew) oraz przetworzonej na różne sposoby (ziemniaki, marchew); (Wroniak 2006, Järvan i Edesi 2009, Shahriari i in. 2013).

Z ogólnej masy wyprodukowanych ziemniaków i marchwi corocznie ponad połowa plonu jest przechowywana w zależności od odmiany, jakości bulw i korzeni spichrzowych oraz kierunku użytkowania nawet przez okres 9 miesięcy. W całym cyklu technologicznym produkcji ziemniaka

i marchwi przechowywanie jest najtrudniejszym etapem dla utrzymania dobrej jakości bulw i korzeni spichrzowych. W okresie długotrwałego składowania zachodzą bowiem w bulwach i korzeniach procesy prowadzące do zmian, zarówno ilościowych jak i jakościowych (Karkleliene i in. 2009, Gajewski i in. 2010). Wielkość tych zmian zależna jest od szeregu czynników związanych między innymi z cechami odmianowymi, warunkami panującymi w przechowalni a nawet podczas wegetacji (Karkleliene i in. 2009, Gajewski i in. 2010, Seljasen i in. 2013). Brak stałej wilgotności, niedobór składników pokarmowych podczas intensywnego wzrostu bulw ziemniaka i korzeni marchwi w okresie ich wegetacji, to główne przyczyny pogarszania jakości i odporności na gnicie w czasie ich przechowywania (Karkleliene i in. 2009). Natomiast delikatność ziemniaka powoduje, że na jakość jego bulw po okresie składowania, wpływ ma również sposób postępowania z nimi w momencie ich przygotowania do przechowywania poprzez wyeliminowanie bulw chorych, uszkodzonych i oklejonych glebą. Tylko bulwy dojrzałe, zdrowe i nieuszkodzone mechanicznie charakteryzują się dobrą przydatnością do przechowywania (Pawelzik i Möller 2014). Zadaniem przechowalnictwa jest stworzenie takich warunków składowania, które ograniczałyby ubytki masy i sprzyjały zachowaniu odpowiednich cech jakości wymaganych przez poszczególne kierunki użytkowania warzyw.

Biopierwiastki to niezbędne składniki pokarmowe roślin, ludzi i zwierząt i w tej kolejności odbywa się ich obieg w przyrodzie. Zaburzenie homeostazy pierwiastkowej a zwłaszcza niedobór tkankowy magnezu zarówno w roślinach jak i organizmie ludzkim, stanowi we współczesnych warunkach środowiskowo-cywilizacyjnych istotne zagrożenie. Jego niedobór w roślinie prowadzi do zmniejszenia intensywności fotosyntezy, co w konsekwencji prowadzi do pogorszenia jakości plonów oraz zmniejszenia odporności rośliny na choroby w okresie epifitycznym jak również w trakcie długotrwałego przechowywania. Natomiast zbyt mała ilość magnezu dostarczana z pożywieniem, niedostateczne wchłanianie i zła bioretencja mogą prowadzić do szeregu zaburzeń w organizmie człowieka (White i Broadley 2009, Rios i in. 2012, Shahriari i in. 2013). Przyczyn niedostatecznej zawartości magnezu w produktach pochodzenia roślinnego jest wiele a do ważnych zaliczyć można brak dostatecznej wiedzy producentów oraz wprowadzanie uproszczeń w technologiach produkcji żywności. Wprowadzając uproszczenia w technologii kultywacji należy pamiętać o wsparciu roślin środkami wzmacniającymi - biostymulującymi. Wywołują one tzw. indukowaną odporność nabytą (SAR), której reakcja skorelowana jest z akumulacją określonych białek, wpływających na metabolizm roślin a tym samym na ich jakość.

## **Materiały i metody**

Prezentowane wyniki badań, oparte są o pozyskiwany we własnym zakresie surowiec roślinny (ziemniak, marchew). Surowiec pochodził z wielu trzyletnich doświadczeń, prowadzonych przeze mnie w latach 2001-2014 w Stacjach Badawczych Minikowo i Mochełek, należących do Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno Przyrodniczego w Bydgoszczy (woj.

kujawsko – pomorskie). Do badań wykorzystywałam odmiany ziemniaka: ‘Augusta’ ‘Barycz’, ‘Bila’, ‘Mila’, ‘Rywał’, ‘Saturna’, ‘Triada’, ‘Victoria’ oraz marchwi: ‘Berjo’, ‘Deep Purple’, ‘Flacoro’, ‘Karotan’, ‘Koral’, ‘Mello Yello’, ‘Perfekcja’. Wszystkie odmiany ziemniaka, jak i marchwi w trakcie trwania badań zarejestrowane były w wykazie polskich odmian roślin uprawnych. Warzywa pozyskiwałam stosując technologię kultywacji, w której rośliny biofortyfikowałam magnezem oraz stosowałam preparat biostymulujący. Pozwoliło to na otrzymanie surowca o unikalnych walorach, niespotykanego powszechnie w obrocie detalicznym, jak i na rynku przetwórczym. W przypadku marchwi oryginalność surowca polegała również na doborze odmian o nietypowych uwarunkowaniach genetycznych, dotyczących głównie barwy korzeni (4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.8). Pozyskany unikalny surowiec (ziemniak i marchew) oceniałam, traktując go jako produkt do bezpośredniej konsumpcji w zakresie wartości odżywczej, prozdrowotnej i antyżywnościowej. Dokonałam również oceny sensorycznej warzyw oraz jakości technologicznej przetworów: frytek, chipsów i mrozonek. Innowacyjność badań polegała również na zastosowaniu w procesie suszenia technologii liofilizacji, która jest bardzo ceniona w przetwórstwie spożywczym ze względu na możliwość zachowania wysokiej wartości suszu.

Opisane wyniki dotyczące surowca ziemniaczanego są również efektem mojej współpracy z producentem sadzeniaków - NORIKA POLSKA Sp. z o. o. Badania obejmowały 8 odmian zagranicznych (niemieckich), znajdujących się na liście odmian ziemniaka (COBORU) dopuszczonych do uprawy w Polsce tj. ‘Albatros’, ‘Gala’, ‘Karatop’, ‘Karlana’, ‘Kiebitz’, ‘Lambada’, ‘Molli’, ‘Pirol’ pozyskiwanych bezpośrednio od producenta. Są one o różnym przeznaczeniu: do bezpośredniej konsumpcji (‘Gala’, ‘Karatop’, ‘Lambada’ i ‘Molli’), do przetwórstwa spożywczego (‘Karlana’, ‘Kiebitz’, ‘Pirol’) oraz do produkcji krochmalu (‘Albatros’) (4.6, 4.10). Z otrzymanego od Firmy NORIKA sadzeniaka prowadziłam również, trzyletnią produkcję surowca ziemniaczanego do produkcji wyrobów uszlachetnionych - chipsów (‘Augusta’) oraz z przeznaczeniem na frytki (‘Victoria’) (4.9).

Surowiec ziemniaczany przechowywałam w nowoczesnych komorach przechowalniczych w Uniwersytecie Getyndze (Niemcy) a w późniejszych latach w Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy (Polska), zgodnie z zachowaniem ustalonych norm dla poszczególnych kierunków jego przeznaczenia i użytkowania. Natomiast korzenie spichrzowe marchwi przechowywałam w początkowych latach w tradycyjnym kopcu ziemnym a następnie w nowoczesnych komorach przechowalniczych Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy.

Marchew i ziemniak przeznaczony do bezpośredniej konsumpcji po zbiorze i po przechowywaniu (zróżnicowany czas składowania), poddałam badaniom analitycznym, których zakres obejmował oznaczanie w materiale świeżym zawartości: witaminy C – metodą miareczkową, zmodyfikowaną wg Pijanowskiego (4.1, 4.2, 4.4, 4.8, 4.9), sumy karotenoidów – metodą kolorymetryczną (4.4, 4.8), azotanów (V) i azotanów (III) - metodą jonoselektywną przy użyciu

aparatu wielofunkcyjnego CX-721 firmy Elmetron (4.6, 4.7), solaniny – metodą spektrofotometryczną (4.1), suchej masy – metodą suszarkowo - wagową (4.5, 4.10), skrobi – metodą polarymetryczną (4.5, 4.10); w suszu uzyskanym metodą liofilizacji zawartość: magnezu – metodą absorpcji atomowej po mineralizacji (4.1, 4.2, 4.4), białka ogólnego – oznaczając azot metodą Kjeldahla po mineralizacji (4.1), związków polifenolowych ogółem – metodą spektrofotometryczną (4.8, 4.9), kwasu chlorogenowego – metodą kolorymetryczną (4.8), pojemność antyoksydacyjną – metodą spektrofotometryczną (4.8, 4.9). Ocena przetworów ziemniaczanych dotyczyła: jakości frytek gotowych do spożycia (dokonano oceny: barwy, konsystencji oraz smaku i zapachu produktu w skali 5 punktowej: 1- ocena zła, 5 – ocena bardzo dobra) (4.1), jakości chipsów (dokonano oceny: barwy, konsystencji oraz smaku i zapachu produktu w skali 5 punktowej: 1- ocena zła, 5 – ocena bardzo dobra) (4.1), oraz wartości konsumpcyjnej bulw ziemniaka - określono smak, zapach, barwę miąższu po ugotowaniu oraz typu użytkowo-konsumpcyjnego (na podstawie oceny 5 cech jakościowych: skłonności do rozgotowania, konsystencji, mączystości, wilgotności i struktury miąższu) wg metody międzynarodowej ustalonej przez EAPR (European Association of Potato Research) Wageningen (4.1, 4.9, 4.10). Z korzeni różnych odmian marchwi (tradycyjnych i kolorowych) w warunkach laboratoryjnych wyprodukowałam mrożonki, które przechowywano w zamrażarce skrzyniowej - gastronomicznej, gdzie utrzymywano temperaturę w zakresie od -22 °C do -24 °C. Materiał do mrożenia przygotowany w formie kostek 1 x 1 x 1cm i poddano przed procesem mrożenia zabiegowi blanszowania w wodzie o temperaturze 95 °C przez 3 min (4.8).

Wyniki wszystkich wieloletnich badań poddałam obliczeniom statystycznym, stosując metodę analizy wariancji, wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukey'a. Wyliczyłam współczynniki korelacji i determinacji między badanymi cechami osobno dla ziemniaka oraz marchwi. Celem przedstawienia stabilności badanych cech określiłam współczynniki zmienności. Przy założeniu konsumpcji 55g korzeni spichrzowych marchwi oraz 300g bulw ziemniaka przez jedną osobę, określiłam dzienne pokrycie zapotrzebowania na składniki odżywcze oraz spożycie azotanów(V) i (III). Otrzymane dane porównałam z normami uwzględniającymi dzienne zapotrzebowanie na składniki odżywcze i dopuszczalne dzienne spożycie składników antyżywniowych (ADI).

## Wyniki

*Ocena cech jakościowych decydujących o wartości odżywczej bulw ziemniaka, korzeni spichrzowych marchwi przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji po zbiorze i po przechowywaniu technologią tradycyjną i nowoczesną (4.1- 4.4, 4.8- 4.9).*

Ziemniak i marchew to warzywa, które stanowiły i nadal stanowią podstawę diety większości Polaków (Domaradzki i in. 2010, Zarzecka i Gugęła 2011). Szacuje się, że spożycie ziemniaków wynosi 110kg a marchwi około 22,0kg na osobę rocznie. Spożycie marchwi w stanie świeżym wynosi 8,5kg, co przy konsumpcji około 52,0kg warzyw ogółem, stanowi poważną pozycję w żywieniu



człowieka (Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS, 2013, Mozolewski i in. 2014). Duże spożycie ziemniaków gotowanych i w stanie przetworzonym oraz marchwi w stanie surowym i przetworzonym daje możliwość dostarczenia konsumentowi związków biologicznie czynnych, które są niezbędnym elementem funkcjonowania organizmu. W badaniach nad żywnością wiele uwagi poświęca się problematyce związanej z obecnością w niej naturalnych antyoksydantów, które hamują lub opóźniają utlenianie innych molekuł i chronią komórki przed szkodliwym działaniem reaktywnych form tlenu. Do naturalnych przeciwutleniaczy występujących w bulwach ziemniaka jak i w korzeniach spichrzowych marchwi, należą między innymi kwas askorbinowy i karotenoidy oraz związki fenolowe (Domaradzki i in. 2010, Pawelzik i Möller 2014). O wartości odżywczej ziemniaka decyduje zawartość w bulwach składników energetycznych takich jak sucha masa, skrobia, białko ogółem, białko właściwe oraz makro i mikropierwiastki. Natomiast wartość odżywcza marchwi jest wysoko ceniona głównie ze względu na występowanie w jej korzeniach spichrzowych karotenoidów, cukrów oraz związków mineralnych.

Kwas askorbinowy to jedna z ważniejszych witamin. W organizmie człowieka spełnia rolę bariery obronnej, lecz nie może być przez niego syntetyzowana. Dlatego z punktu widzenia konsumenta, każdy z naturalnych sposobów dostarczania witaminy C organizmowi jest bardzo cenny. Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka jest uwarunkowana genetycznie nie można wykluczyć, że może być modyfikowana technologią kultury roślin. (Wroniak 2006, Pawelzik i Möller 2014). Wyniki badań własnych (**4.1, 4.2, 4.9**) potwierdziły zależność zawartości witaminy C w bulwach od uwarunkowań genetycznych. Stwierdzono, że badane odmiany ziemniaka 'Augusta', 'Bila', 'Mila', 'Barycz', 'Triada', 'Saturna', 'Rywal' i 'Victoria' niezależnie od wczesności, przeznaczenia i stosowanej technologii kultury różniły się jej zawartością. Zawartość kwasu askorbinowego w świeżej masie bulw wyniosła średnio z lat i obiektów, odpowiednio dla odmiany 'Augusta' 240,8 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Bila' 223 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Barycz' 230 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Mila' 210 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Triada' 219 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Saturna' 228 mg·kg<sup>-1</sup>, 'Rywal' 220 mg·kg<sup>-1</sup> i 'Victoria' 264,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Badania obejmowały również ocenę wpływu biofortyfikacji roślin magnezem na zawartość kwasu askorbinowego w bulwach. (**4.1, 4.2, 4.3**). W prowadzonych doświadczeniach, uzyskałam pozytywny wpływ biofortyfikacji na zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka. Wykazałam, że dla uzyskania najkorzystniejszego efektu w tym zakresie, każda z badanych odmian ziemniaka potrzebowała stosowania różnych ilości magnezu. Wiadomym jest, że witamina C należy do związków bardzo labilnych i w wyniku długotrwałego składowania bulw zawsze następują jej ubytki a procesy z tym związane zostały dość szczegółowo zbadane i opisane (Abong i in. 2011, Seljasen i in. 2013). Prowadzone we własnym zakresie wieloletnie badania z różnymi odmianami roślin warzywnych, potwierdziły negatywny wpływ przechowywania na zawartość kwasu askorbinowego w ich częściach jadalnych. W doświadczeniach z ziemniakiem, gdzie stosowano biofortyfikację magnezem po 6 miesiącach przechowywania uzyskałam najniższe ubytki kwasu askorbinowego, które wynosiły średnio 13,2%. Natomiast stosując biofortyfikację azotem, potasem i technologię z ograniczoną ochroną roślin,

ubytki witaminy C były znacznie wyższe i wyniosły odpowiednio 23,1%, 48,6% i aż 54,2% (4.3). Technologia produkcji surowca ziemniaczanego oparta o biofortyfikację roślin magnezem okazała się najkorzystniejszą. Wykazałam, że na straty witaminy C w trakcie przechowywania istotny wpływ ma również kierunek użytkowania (przeznaczenia) odmian. Badane przeze mnie odmiany przeznaczane do produkcji różnych przetworów, wykazywały istotnie różne straty zawartości witaminy C w trakcie przechowywania. Dla odmiany 'Augusta' przeznaczonej do produkcji chipsów straty witaminy C po przechowywaniu wyniosły 15,2% a dla 'Victorii' przeznaczonej na frytki, aż 39% (4.9). Z badań własnych wynika, że dla wielkości strat kwasu askorbinowego znaczenie ma również długość okresu składowania ziemniaka (4.3). Wykazałam, że im dłuższy okres składowania tym większe ubytki kwasu askorbinowego w świeżej masie bulw. Przedłużenie okresu przechowywania bulw ziemniaka o 3 miesiące (z 3 do 6 miesięcy) spowodowało wzrost strat witaminy C w bulwach po biofortyfikacji roślin magnezem o 9,9% a azotem 15,9%. Zastosowanie technologii produkcji surowca do przechowywania opartej o biofortyfikację roślin magnezem, okazało się ponownie najkorzystniejsze. Zaznaczyć należy, że w literaturze brak było szczegółowych danych dotyczących zależności ubytków witaminy C w trakcie długoterminowego składowania ziemniaka od biofortyfikacji roślin magnezem. Prowadzenie wieloletnich badań własnych dotyczących tego zagadnienia udowodniło ponad wątpliwość, że biofortyfikacja magnezem roślin w okresie wegetacji powoduje ograniczenie strat witaminy C w trakcie przechowywania surowca ziemniaczanego. Związane jest to z większą koncentracją magnezu w bulwach uzyskaną w wyniku biofortyfikacji, co wpływa na zwiększenie (opisano to w dalszej części tego podrozdziału\*) i przyspieszenie reakcji syntezy witaminy C. Następuje szybszy przebieg reakcji utleniania D-glukozy i empiryzację jej atomów węgla - u roślin glukoza jest utleniana w pozycji C-2, po czym następuje epimeryzacja atomu C-5 i kolejne utlenianie, w pozycji C-1. Ponadto wraz ze wzrostem koncentracji w bulwach samego biopierwiastka podnosi się zdrowotność ziemniaków na skutek uruchamiania przez magnez enzymów odpowiedzialnych za reakcje biochemiczne, podnoszące jakość oraz wpływające na zwiększenie odporności bulw na choroby. Uzyskanie pozytywnych wyników związanych z wpływem biofortyfikacji magnezem na zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka było podstawą do przypuszczenia, że na biofortyfikację magnezem podobnie zareagują inne warzywa. Pociągnęło to za sobą rozszerzenie prowadzonych przeze mnie badań początkowo na korzenie pomarańczowych odmianach marchwi (4.4), następnie kolorowych (4.8) a w ostatnim czasie badania objęły również korzenie i nać pietruszki przeznaczonej do spożycia w stanie świeżym w celach kulinarnych oraz do produkcji suszu w formie przypraw. Marchew zawiera stosunkowo niewielkie ilości witaminy C a jej ilość podobnie jak w ziemniaku zależna jest w głównej mierze od uwarunkowań genetycznych (Seljasen i in. 2013, Zhang 2013). Przeprowadzona przeze mnie wieloletnia analiza, potwierdziła istotne znaczenie uwarunkowań genetycznych marchwi pomarańczowych (tradycyjnej) na zawartością w ich korzeniach spichrzowych kwasu askorbinowego (4.4). Uzyskałam również potwierdzenie wpływu uwarunkowań genetycznych na zawartość witaminy C w korzeniach w doświadczeniu z odmianami marchwi kolorowej (4.8).

Przebadane pod tym kątem odmiany pomarańczowe 'Berjo', 'Flacoro', 'Karotan', 'Koral' i 'Perfekcja' oraz kolorowe 'Mello Yello', 'Deep Purple,' różniły się istotnie jej zawartością. W prowadzonych eksperymentach wykazałam, że biofortyfikacja marchwi magnezem powoduje istotny wzrost zawartości witaminy C w jej a korzeniach a efekt taki uzyskałam dla wszystkich badanych pomarańczowych odmian. Zwróciłam również uwagę, że dane literaturowe publikowane przez innych autorów, podają niższą zawartość witaminy C w korzeniach spichrzowych marchwi pomarańczowych (tradycyjnej) niż zawartości uzyskane w badaniach własnych (4.4). Otrzymanie takiego rezultatu - podobnie jak w ziemniaku - związane jest z podniesieniem koncentracji magnezu w korzeniach spichrzowych na skutek biofortyfikacji roślin magnezem. Większa zawartość magnezu powoduje zwiększenie syntezy witaminy C poprzez intensywniejszą aktywację enzymu oksydazy L-gulonolaktonowej, która katalizuje utlenienie L-gulonolaktanu do L-askorbinianu\*. Pozytywny efekt działania zwiększonej zawartości magnezu na zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach spichrzowych marchwi, potwierdziła istotnie dodatnia korelacja między zawartością magnezu a zawartością witaminy C ( $r=0,508$ ;  $P_{0,05}$ ). Wykazałam również, że stosowanie biofortyfikacji marchwi wpływa na zwiększenie intensywności wybarwienia jej korzeni, (jest to wynikiem między innymi wzrostu zawartości sumy karotenoidów - co opisano w dalszej części rozdziału - a korzenie bardziej wybarwione zawierają więcej kwasu askorbinowego (Majkowska-Gadomska i Wierzbička 2010). Opisane wyżej zależności potwierdziły wyliczone współczynniki korelacji liniowej. Wskazują one na pozytywną korelację między zawartością karotenoidów (barwnika odpowiedzialnego za wybarwienie korzeni) a zawartością witaminy C w korzeniach spichrzowych marchwi ( $r=0,503$ ;  $P_{0,05}$ ). W toku prowadzonych dalszych wieloletnich badań własnych okazało się, że na wartość prozdrowotną korzeni spichrzowych wyrażoną jako całkowita aktywność antyoksydacyjna badanych odmian marchwi kolorowej ('Mello Yello', 'Deep Purple') i odmian pomarańczowych ('Flacoro', 'Karotan'), decydujące znaczenie miała zawartość antocyjanów ( $r^2=0,83$ ;  $P_{0,05}$ ), kwasu chlorogenowego ( $r^2=0,81$ ;  $P_{0,05}$ ) i związków polifenolowych ogółem ( $r^2=0,71$ ;  $P_{0,05}$ ) (4.8). Z badanych odmian kolorowych i pomarańczowych największe właściwości prozdrowotne miała odmiana o czerwonym zabarwieniu Deep Purple dla której pojemność antyoksydacyjna była najwyższa i wyniosła  $5,87 \text{ mmol Fe}^{+2} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy a zawartość kwasu askorbinowego - wysoka  $75,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w świeżej masie. Witamina C łatwo ulega zniszczeniu pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, wysokich temperatur, obecności tlenu, enzymów oksydacyjnych i metali ciężkich (Domaradzki i in. 2010, Majkowska-Gadomska i Wierzbička 2010). W prowadzonych przeze mnie badaniach uzyskałam zmniejszenie zawartości witaminy C w korzeniach spichrzowych wszystkich przechowywanych odmian marchwi. Po 6 miesiącach przechowywania korzeni spichrzowych w kopcu ziemnym, nastąpił bardzo duży ubytek witaminy C - średnio z lat i odmian 46,1% (4.4). Największy ubytek witaminy C stwierdziłam u odmiany pomarańczowej 'Karotan' (62,5%), najmniejszy u odmiany pomarańczowej 'Flacoro' (35,8%). Powodem uzyskania niekorzystnego efektu w postaci tak dużych strat kwasu askorbinowego była zastosowana tradycyjna technologia przechowywania (kopiec ziemny). Utrzymanie korzystnie

niskiej na stałym poziomie temperatury oraz wilgotności względnej powietrza, mających na celu zapobieganiu redukcji witaminy C w korzeniach spichrzowych, w kopcu ziemnym jest bardzo trudne. Korzenie spichrzowe badanych odmian marchwi, które zawierały więcej witaminy C po zbiorze, miały jej istotnie więcej po przechowywaniu. Ponadto biofortyfikacja magnezem marchwi wpływała na ograniczenie ubytków witaminy C w trakcie długotrwałego przechowywania jej korzeni. Korzenie marchwi rośliny biofortyfikowanych magnezem wykazywały o połowę niższe ubytki kwasu askorbinowego w trakcie przechowywania.

Innym składnikiem, który decyduje o jakości bulw ziemniaka jest białko ogółem. Natomiast dla wartości odżywczej bulw, szczególne znaczenie ma zawartość białka właściwego. Białko znajdujące się w bulwach ziemniaka to białko roślinne, ale jego wartość porównywalna jest z białkami pochodzenia zwierzęcego. Zawiera aminokwasy egzogenne i jest najbardziej zbliżone do wzorcowego białka kurzego, przez co przewyższa zdecydowanie wartość odżywczą białka zbóż i innych warzyw. Bulwy ziemniaka zawierają małe ilości białka ogółem około  $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy, ale ze względu na duże ich spożycie ilość w jakiej ono występuje w bulwach ma dla konsumenta duże znaczenie (Järvan i Edesi 2009). Biofortyfikacja roślin magnezem powodowała istotny wzrost zawartości białka ogólnego o 14% w bulwach ziemniaka badanej odmiany 'Mila' przeznaczanej do bezpośredniej konsumpcji jak i do przetwórstwa (4.1). Wiąże się to z podniesieniem wartości odżywczej surowca ziemniaczanego. Otrzymanie takiego rezultatu jest potwierdzeniem tezy o pozytywnej roli jaką pełni magnez w procesie syntezy białek. Wiadomo, że przy jego niedoborze w roślinie następują zakłócenia w przemianie materii i syntezie aminokwasów. Może to również prowadzić do zmian w składzie aminokwasowym białek, zmieniając niekorzystnie wzajemny stosunek aminokwasów - szczególnie egzogennych - odgrywających ważną rolę dla zdrowia konsumenta (4.1).

Składnikami występującymi w korzeniach spichrzowych mającymi wpływ na wartość prozdrowotną marchwi są karotenoidy. Korzenie spichrzowe marchwi są jednym z najlepszych źródeł karotenoidów. Występujące w nich związki karotenoidowe to głównie  $\alpha$ - i  $\beta$ -karoten (Gajewski i in. 2010, Seljasen i in. 2013). Fakt, że są one prekursorem witaminy A, której podobnie jak witaminy C organizm nie jest w stanie sam syntetyzować oraz ze względu na ich aktywność przeciwutleniającą, stawia je w pierwszym szeregu związków prozdrowotnych, mających zasadnicze znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego (Zhang i in. 2009, Arscott i Tanumihardjo 2010, Boscovic-Rakocevic i in. 2012). Wyniki badań własnych wykazały, że odmiany różniły się zawartością karotenoidów. Zawartość karotenoidów zależała więc istotnie od uwarunkowań genetycznych (4.4). Z badanych pięciu pomarańczowych odmian marchwi ('Berjo', 'Flacoro', 'Karotan', 'Koral', 'Perfekcja') największą zawartością karotenoidów ogółem charakteryzowała się odmiana 'Karotan' – średnio  $136,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św. masy a najmniejszą odmiana 'Flacoro'  $106,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św. masy. Natomiast w doświadczeniu z odmianami kolorowymi (4.8) największą zawartością karotenoidów charakteryzowały się odmiany czerwona 'Deep Purple'  $143,7 \text{ mg}$  i pomarańczowa 'Karotan'  $139,5 \text{ mg}$ , a najmniejszą, żółta 'Mello Yello' tylko  $45,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy.

Udowodniłam, że istnieje zależność pomiędzy zawartością karotenoidów a wybarwieniem korzeni, gdyż odmiany o intensywniejszym zabarwieniu czerwona ‘Deep Purple’ i intensywnie pomarańczowa ‘Karotan’ zawierały istotnie więcej karotenoidów niż odmiany mniej wybarwione (‘Mello Yello’ i ‘Flacoro’). Biofortyfikacja marchwi magnezem wpłynęła istotnie pozytywnie na wzrost zawartość sumy karotenoidów w jej korzeniach (4.4). Tendencja ta dotyczyła wszystkich odmian o pomarańczowym wybarwieniu korzeni. Zastosowana biofortyfikacja spowodowała wzrost sumy karotenoidów, średnio dla wszystkich badanych odmian o 5,5% a podwojenie ilości aplikacji skutkowało wzrostem zawartości sumy karotenoidów o kolejne 5%. Barwniki karotenoidowe zaliczane są do stabilnych, gdyż we właściwie przechowywanych produktach roślinnych ich zmiany są niewielkie. Mogą one ulegać jedynie utlenianiu (Arscott i Tanumihardjo 2010, Majkowska-Gadomska i Wierzbicka 2010). Proces ten może prowadzić do obniżenia ich zawartości oraz do zmian cech sensorycznych surowca: rozjaśnienie barwy, nieprzyjemny smak i zapach. Wykazałam, że po 6 miesiącach przechowywania wystąpił spadek zawartości karotenoidów (4.4). Średnio dla badanych pięciu pomarańczowych odmian marchwi spadek zawartości sumy karotenoidów wynosił 18,9%. Najmniejszy spadek zaobserwowałam dla odmiany ‘Karotan’ a największy dla odmiany ‘Perfekcja’. Uzyskanie tak niekorzystnego rezultatu w badaniach własnych, spowodowane było brakiem możliwości zapewnienia w kopcu stałych warunków przechowywania decydujących o stabilności barwników karotenoidowych. Biofortyfikowanie roślin przyczyniało się do zwiększenia ubytków sumy karotenoidów w korzeniach marchwi po przechowywaniu. Warto jednak zaznaczyć, że stosowanie zwiększonej biofortyfikacji ograniczało te straty.

Spożywanie produktów roślinnych jest głównym, naturalnym źródłem pokrycia zapotrzebowanie organizmu człowieka na magnez. Magnez dostarczany konsumentom z żywnością w postaci świeżej jest zdecydowanie lepiej przyswajalny w porównaniu do magnezu znajdującego się w suplementach diety. Spośród roślin uprawianych w naszej strefie klimatycznej, ziemniaki i marchew zalicza się do surowców ubogich w magnez. Biorąc jednak pod uwagę znaczny ich udział w diecie ludzi, sprawdzenie czy biofortyfikacja przyczynia się do wzrost jego koncentracji w częściach jadalnych badanych warzyw, stanowiło jedno z podstawowych zagadnień w prowadzonych przeze mnie wieloletnich badaniach. Zgodnie z moim oczekiwaniem biofortyfikacja magnezem roślin, spowodowała wzrost zawartości tego biopierwiastka zarówno w bulwach ziemniaka jak i korzeniach spichrzowych marchwi. Efekt taki uzyskałam dla wszystkich badanych odmian. Natomiast nie ma jednoznacznej odpowiedzi czy na koncentrację magnezu wpływ mają uwarunkowania genetyczne (4.1, 4.2). Badane odmiany ziemniaka istotnie różniły się koncentracją tego biopierwiastka, ale wyniki dotyczące odmian marchwi nie były już tak jednoznaczne. W doświadczeniu z odmianami konwencjonalnymi (4.4) uwarunkowania genetyczne nie różnicowały istotnie zawartości magnezu w korzeniach spichrzowych. Natomiast w doświadczeniu z odmianami tradycyjnymi i kolorowymi (4.8) uzyskałam istotne różnice między odmianami pomarańczowymi a kolorowymi. Okazało się również, że marchew lepiej reaguje na biofortyfikację magnezem niż ziemniak. Stosowanie

biofortyfikacji pozwoliło na uzyskanie 26% wzrostu koncentracji magnezu w jej korzeniach spichrzowych. Porównując uzyskane dane z literaturą (Majkowska, Gadomska i Wierzbicka 2010), zaobserwowałam różnicę w koncentracji magnezu w korzeniach na korzyść marchwi badanych przeze mnie. Należy zaznaczyć, że wymienione autorki do biofortyfikacji roślin wykorzystały preparat wieloskładnikowy, zawierający w swoim składzie magnezu ale również inne pierwiastki oraz prowadziły badania z innymi odmianami. Tak prowadzona biofortyfikacja okazała się mniej skuteczna od prowadzonej w moich badaniach (tylko siarczanem magnezu). Wiadomo, że substancje mineralne w tym magnez charakteryzują się dużą stabilnością. Warunki i czas przechowywania surowców roślinnych nie powinny mieć większego wpływu na jego ubytki. Znalazło to potwierdzenie w moich badaniach, gdyż w korzeniach spichrzowych marchwi obniżenie zawartości magnezu po przechowywaniu było niewielkie i wyniosło średnio dla odmian tylko 1 % (4.4).

Z danych statystycznych wynika (Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS, 2013, Mozolewski i in. 2014), że konsumenci spożywają dziennie, średnio około 300gramów ziemniaka i 55gramów marchwi pod różną postacią. Na podstawie uzyskanych wyników obliczyłam (4.1, 4.4), że spożycie 300g ziemniaków biofortyfikowanych magnezem, pokrywa zapotrzebowanie organizmu na magnez w 18% a 55g marchwi zaspakaja to zapotrzebowanie w stopniu niewielkim. Uzyskałam również niewielkie pokrycie zapotrzebowania organizmu ludzkiego na witaminę C po spożyciu korzeni marchwi. Przy obliczeniach uwzględniłam koncentrację magnezu i witaminy C oraz normę określającą dzienne zapotrzebowanie organizmu człowieka na magnez – 350 mg dzień<sup>-1</sup> i witaminę C - 90 mg dzień<sup>-1</sup> ). Natomiast biorąc pod uwagę normę dziennego zapotrzebowania organizmu człowieka na witaminę A – 900 µg dzień<sup>-1</sup> po spożyciu badanej marchwi uzyskałam bardzo wysokie, aż 43% pokrycie tego zapotrzebowania (przeliczając witaminę A z sumy karotenoidów, przyjmując 18 mg karotenoidów jako równoważnik 1 mg retinolu). Konsumując biofortyfikowaną magnezem marchew i ziemniaki istotne jest, że dostarczamy do organizmu witaminy w zwiększonej ilości, gdyż mają one antyoksydacyjne działanie (Zhang 2013). Pełnią one bowiem rolę w zabezpieczeniu organizmu przed niekorzystnym wpływem środowiska i patogenami. Podkreślić należy wysoką wartość biologiczną takiego produktu w zakresie spożycia magnezu, który bierze udział w mechanizmach odpornościowych organizmu (White i Broadley 2009, Rios i in. 2012).

***Monitoring bezpieczeństwa związanego z obecnością związków szkodliwych dla konsumenta w badanych warzywach (ziemniak i marchew) przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji i do przetwórstwa na różne produkty żywnościowe (4.1, 4.6, 4.7).***

O jakości ziemniaka i marchwi obok składników decydujących o walorach odżywczych i dietetycznych decyduje również zawartość substancji antyżywnościowych. Do zadań nowych metod kontroli bezpieczeństwa żywności (HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point- Analiza Zagrożeń i Krytyczny Punkt Kontroli), należy kontrola punktów krytycznych na każdym etapie

łańcucha żywnościowego - od pola do stołu - na podstawie analizy zagrożeń. Nakaz stałego monitoringu chemicznego skażenia żywności, dynamiczny rozwój ekologii i specjalizacji w produkcji oraz duże spożycie ziemniaka i marchwi było powodem podjęcia przeze mnie badań w celu sprawdzenia bezpieczeństwa tego surowca. Substancje szkodliwe jakie zawierają bulwy ziemniaka i korzenie spichrzowe marchwi są ich naturalnymi składnikami i powstają w wyniku zaburzeń metabolicznych. Mogą również pochodzić z zanieczyszczeń środowiska. Do naturalnych składników antyżywnościowych należą między innymi inhibitory enzymów proteolitycznych, głównie trypsyny i chymotrypsyny. Hamują one enzymatyczny rozkład białek w procesie trawienia, zmniejszając tym samym ich wykorzystanie. Ze względu na niewielkie ich ilości w bulwach i korzeniach marchwi nie odgrywają one znaczącej roli. Natomiast szkodliwymi związkami występującymi w bulwach ziemniaka i korzeniach spichrzowych marchwi, mającymi kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa zdrowotnego tych warzyw są azotany(V) i azotany(III) oraz solanina (TGA - glikoalkaloidy) (Ahmadi i in. 2010, Gajewski i in. 2010, Boskovic-Rakocevic i in. 2012.). Ze względu na dużą toksyczność tych związków, zostały określone i wprowadzone normy ich zawartości dla poszczególnych surowców. Według norm zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka nie powinna przekraczać  $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w świeżej masie a w korzeniach spichrzowych marchwi  $400 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w świeżej masie (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 2003). W przypadku marchwi przeznaczanej na przetwory dla dzieci poniżej 3 lat norma jest jeszcze bardziej rygorystyczna i wynosi tylko  $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 2003). Przekroczenie dopuszczalnej normy zawartości azotanów(V) jest powodem dyskwalifikacji warzyw jako produktu do bezpośredniego spożycia jak i surowca do przetwórstwa. Surowiec kierowany do przemysłu spożywczego pochodzi najczęściej z miejsc, gdzie stosuje się technologię kultywacji konwencjonalną z dużą ilością chemicznych substancji szkodliwych dla konsumenta. Podobną technologię kultywacji stosuje się dla odmian bardzo wczesnych i wczesnych. Może to powodować wzrost zawartości związków antyżywnościowych w tym azotanów(V), azotanów(III) oraz solaniny nawet powyżej ilości uważanej za bezpieczną (Ierna 2009, Rytel 2010, Seljasen i in. 2013). Problem akumulacji azotanów(V) w warzywach jest szczególnie istotny ponieważ udział azotanów pochodzących z warzyw w całodziennych racjach pokarmowych człowieka stanowi 70 do 90% (Tamme i in. 2006, Gocan i in. 2013). Negatywne ich działanie na organizm wynika z tego, że w układzie pokarmowym, pod wpływem enzymów trawiennych mogą one być przekształcane w azotany (III) a te z kolei w kancerogenne N-nitrozwiązki. Szkodliwość ich wynika również z możliwości utleniania hemoglobiny do methemoglobiny. Oddziałują one także destrukcyjnie na witaminy z grupy A i B oraz karotenoidy (Tamme i in. 2006, Leszczyński 2012, Gocan i in. 2013). Dla zawartości solaniny norma dla ziemniaków przeznaczonych do konsumpcji, została określona na poziomie maksymalnie  $200 \text{ mg TGA}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy (Komitet FAO/WHO 2002) przy czym zawartość ta, najczęściej waha się w granicach  $30\text{-}100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy (Wroniak 2006, Zarzyńska 2013). Przy zawartości już powyżej  $100 \text{ mg TGA}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy bulwy ziemniaka mają wyraźny cierpki smak.

Glikoalkaloidy zawarte w bulwach ziemniaka zawierają — chakoninę i solaninę, potocznie nazywane łącznie solaniną. Związki te składają się z terpenoidowego aglikonu — solanidyny oraz trzech cząsteczek cukrów prostych w solaninie — galaktozy, glukozy i ramnozy a w chakoninie – glukozy i dwóch cząsteczek ramnozy. Wzajemny stosunek ilościowy solaniny i chakoniny jest zmienny. Zwykle jednak chakoniny jest dwa razy więcej niż solaniny. Oba te związki są silnymi truciznami a chakonina uchodzi za bardziej toksyczną. Podobnie jak dla azotanów(V) przekroczenie dopuszczalnej normy zawartości solaniny dyskwalifikuje taki surowiec. Prowadzony przeze mnie wieloletni monitoring zawartości związków antyżywnościowych w bulwach ziemniaka oraz korzeniach spichrzowych marchwi wielu odmian, wskazuje na negatywne oddziaływanie biofityfikacji roślin magnezem na koncentrację azotanów(V), azotanów(III) oraz solaniny (4.1, 4.6). Dynamiczny rozwój przemysłu przetwórczego oraz specjalizacja w produkcji ziemniaka była powodem przeprowadzenia badań dotyczących zawartości azotanów(V) i (III) w bulwach w zależności od kierunku jego użytkowania (4.6). Uzyskane wyniki wykazały istotne różnice w zawartości azotanów(V) i azotanów(III) w bulwach ziemniaków o różnym kierunku użytkowania. Najwyższą zawartość azotanów(V) miały bulwy odmian przeznaczonych do produkcja krochmalu ('Albatros') i do przetwórstwa na produkty uszlachetnione frytki i chipsy ('Karlena', 'Kiebitz') a najniższą przeznaczane do bezpośredniej konsumpcji ('Gala', 'Karatop', 'Lambada', 'Molli', 'Pirol'). Zawartość azotanów(V) wynosiła średnio dla odmian skrobiowych 176,3, odmian frytkowych i chpisyowych 143,5 a dla konsumpcyjnych 133,7 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy. Podobnie układały się rezultaty uzyskane dla zawartości w bulwach azotanów (III). Zawartość ta wynosiła odpowiednio 1,33 (krochmal), 0,93 (frytki, chipsy) oraz 0,79 (konsumpcja) mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy. Uzyskanie takiego rezultatu potwierdzają wyliczone dodatkowo współczynniki korelacji między azotanami (V) i (III) (r=0,745; P<sub>0,01</sub>). Stwierdziłam również, że w grupie odmian konsumpcyjnych na zawartości azotanów (V) i azotanów(III) w bulwach wpływ miały uwarunkowania genetyczne. Najwyższą zawartość azotanów(V) 150,8 i (III) 1,04 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy miała odmiana 'Pirol'a najniższą Gala – 118,4 oraz 0,65 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy. Ponadto odmiany bardzo wczesne i wczesne gromadziły mniejszą ilość tych szkodliwych związków niż odmiany średnio wczesne.

Przechowywanie a w szczególności brak zachowania odpowiednich warunków w przechowalni np. podwyższona temperatura, brak dostępu tlenu zawsze powodują zwiększenie zawartość azotanów w warzywach (Ierna 2009). Zastosowanie przez mnie nowoczesnej technologii przechowywania pozwalającej na utrzymanie parametrów zgodnych z przeznaczeniem odmian pozwoliło na uzyskanie istotnego obniżenia zawartości azotanów (V) i (III) w bulwach ziemniaka po długotrwałym składowaniu (6 miesięcy) (4,6). Największe obniżenie zawartości azotanów (V) uzyskano w bulwach odmian przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji - 5,4%, następnie na krochmal - 4,8% a najmniejsze dla odmian przeznaczonych do produkcji frytek i chipsów - 3,8%. Natomiast azotany (III) w największym stopniu uległy obniżeniu po przechowywaniu w bulwach odmian ziemniaka przeznaczonych do produkcji frytek i chipsów - 5,8% oraz do bezpośredniej konsumpcji - 3,8%



a najmniej do produkcji krochmalu - 2,8%. Otrzymane rezultaty są wyjątkowo korzystne dla konsumentów, gdyż koncentracja związków antyżywniowych w bulwach po przechowywaniu była zawsze najmniejsza w surowcu przeznaczonym do bezpośredniego spożycia. Wykazałam również większą zależność zawartości azotanów (V) i azotanów (III) od genotypu po zbiorze, niż po przechowywaniu. Na taką zależność wskazują wyliczone współczynniki zmienności. Wartości wyliczonych współczynników były dużo wyższe po zbiorze, niż po przechowywaniu i wyniosły odpowiednio dla azotanów (V) -2,70% a dla azotanów (III) – 5,02%, natomiast po przechowywaniu odpowiednio 2,12 i 3,27%. Natomiast uzyskanie ogólnie niskich współczynników zmienności, świadczy o utrzymaniu reżimu kultywacji i w przechowalni, wyznaczonego dla poszczególnych kierunków użytkowania.

Marchew w przeciwieństwie do ziemniaków należy do roślin o dużej skłonności do kumulowania azotanów (Ahmadi i in. 2010, Boskovic-Rakocevic i in. 2012). Wyniki prowadzonych badań własnych wykazały istotne różnice do skłonności kumulowania azotanów (V) i (III) przez korzenie odmian marchwi tradycyjnej (4.7). Dowodzi to, że skłonność ta uzależniona jest przede wszystkim od uwarunkowań genetycznych. Z badanych odmian najmniejszą zawartość azotanów (V) miały korzenie odmiany 'Perfekcja' - 224 mg·kg<sup>-1</sup> a największą odmiany 'Flacoro' 277 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy. Podobne rezultaty uzyskałam dla azotanów (III). Najmniejszą zawartość azotanów (III) miały korzenie odmiany 'Perfekcja' 1,82 mg·kg<sup>-1</sup> a największą odmiana 'Flacoro' 2,50 mg·kg<sup>-1</sup>. Potwierdził to wyliczony dodatni współczynnik korelacji między azotanami(V) i azotanami(III) ( $r=0,569$ ;  $P_{0,01}$ ). Biofortyfikacja marchwi magnezem powodowała istotny wzrost zawartości azotanów (V) i (III) w korzeniach badanych odmian. Uzyskania niekorzystnego rezultatu mogło być spowodowane zastosowaniem magnezu w formie siarczanowej. Wiadomo bowiem, że wzrost stężenia anionów siarczanowych w korzeniach marchwi przyczynia się do większej akumulacji azotanów (V) i (III) (Kęsik 2009). Po długotrwałym okresie przechowywania nastąpiło obniżenie zawartości azotanów (V) w korzeniach wszystkich badanych tradycyjnych odmian: od 2% dla 'Berjo', 'Flacoro' i 'Karotan' do 2,5% dla 'Koral' i 'Perfekcji'. Sześciomiesięczny okres składowania korzeni spowodował również istotne obniżenie zawartości azotanów (III) a uzyskanie takiego rezultatu potwierdza istotnie dodatni współczynnik korelacji między azotanami (V) i (III) po przechowywaniu ( $r=0,468$ ;  $P_{0,01}$ ). Obniżenie zawartości azotanów(III) wyniosło w korzeniach marchwi odmiany 'Berjo' - 1%, 'Karotan', 'Perfekcji' - 3% a 'Flacoro' i 'Koral' - 5%. Obliczone współczynniki zmienności dla azotanów (V) i (III) wskazują, że marchew odmiany 'Flacoro' wykazywała największą zmienność. Natomiast najmniejszą zmiennością azotanów (V) wyróżniała się odmiana 'Berjo' a azotanów (III) odmiana 'Karotan'. Zależności te dotyczą analizy zarówno po zbiorze jak i po przechowywaniu. Uzyskane wyniki wskazują, że odmiana 'Flacoro' w największym stopniu reagowała na warunki środowiskowe.

Biorąc pod uwagę zawartość w bulwach azotanów(V), (III) i solaniny oraz wyznaczoną dzienną dopuszczalną normę ich spożycia obliczyłam, że konsument spożywając 300gramów ziemniaków po

biofortyfikacji magnezem nie przekracza tych norm. Ponadto konsumując takie ziemniaki po przechowywaniu do organizmu dostarczamy mniejszą ilość tych szkodliwych związków. Wykazałam, że najmniej azotanów(V) i (III) dostarczamy do organizmu, spożywając ziemniaki odmian przeznaczane do bezpośredniej konsumpcji a najwięcej po spożyciu odmian przeznaczanych do przetwórstwa (4.6). Określiłam również dzienne spożycie azotanów (V) i (III) po konsumpcji 55 gramów korzeni spichrzowych marchwi biofortyfikowanych magnezem. Opierając się o maksymalne zawartości, dzienne spożycie azotanów(V) i (III) jest niewielkie i wynosi dla azotanów(V) 16,0 mg i 0,14 mg dla azotanów(III) co stanowi odpowiednio 7,2% i 3,3% ADI (dziennego dopuszczalnego spożycia dla człowieka o średniej wadze 60kg) (4.7). Prowadząc monitoring zawartości związków antyżywnościowych w bulwach ziemniaka i korzeniach spichrzowych marchwi nie można pominąć bardzo ważnej dla konsumenta informacji, że największa koncentracja tych związków znajduje się w skórce lub tuż pod jej powierzchnią oraz, że są one łatwo rozpuszczalne w wodzie. Dzięki temu większość substancji antyżywnościowych usuwana jest podczas obróbki kulinarnej (obierania i mycia surowca). Procesy te powodują obniżenie zawartości azotanów(V) od 20 nawet do 60% (Jarych-Szyska 2006, Grudzińska 2005). Nie bez wpływu na zawartość tych związków jest również proces gotowania i sposób obierania. Po tych zabiegach zawartość może spaść nawet o 90%. (Rytel 2010, Ziarati i Arbabi-Bidgoli 2014). Zaznaczyć należy, że w literaturze naukowej brak było informacji na temat ilości spożycia związków szkodliwych po konsumpcji ziemniaka i marchwi biofortyfikowanych magnezem.

***Ocena wartości konsumpcyjnej i technologicznej przetworów wytworzonych z surowca ziemniaczanego i kolorowych odmian marchwi (4.1, 4.4, 4.5, 4.8-4.10)***

Wymagania jakościowe wobec ziemniaków ze względu na ich przeznaczenie są bardzo zróżnicowane. Ziemniaki przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji muszą spełniać określone cechy organoleptyczne. Do najważniejszych cech decydujących o zakupie ziemniaka, preferowanych przez konsumentów należą: wygląd bulw, smak i jakość kulinarna oraz barwa skórki i miąższu. Barwa miąższu bulw jest często jedną z podstawowych cech organoleptycznych jaka decyduje o wyborze odmiany przez konsumenta. Kolor miąższu bulw uwarunkowany jest czynnikiem genetycznym i nie można go zmieniać (Zhang i in. 2009, Urbanowicz 2010, Pawelzik, Möller 2014). W badaniach własnych wykazałam, że poprzez biofortyfikację roślin magnezem można wpływać na zmianę intensywności wybarwienia miąższu bulw ziemniaka (4.1). Stosując biofortyfikację magnezem uzyskałam wzrost intensywności żółtego wybarwienia miąższu odmiany konsumpcyjnej 'Mila'. Uzyskanie takiego efektu może mieć znaczenie dla konsumentów preferujących ziemniaki o żółtym miąższu i może się przyczynić do większego zbytu takich ziemniaków. Najtrudniejszymi elementami w ocenie jakościowej ziemniaków są jednak pozostałe wyróżniki oceny sensorycznej takie jak: smak i zapach. Po biofortyfikacji magnezem odmiana konsumpcyjna w skali czterostopniowej otrzymała za

smak ocenę 3,5 pkt. Efekt taki uzyskałam przy najwyższej koncentracji magnezu w bulwach tj.  $1,51\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy. Natomiast dla wyróżnika zapachu neutralnego najkorzystniejszą okazała się koncentracja magnezu w bulwach na poziomie  $1,33\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wyższa koncentracja magnezu w bulwach  $1,51\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy powodowała, że zapach ziemniaków po ugotowaniu był bardziej wyraźny i wyczuwalny. Jest to związane z funkcją magnezu, jaką pełni on w określeniu przydatności ziemniaka do konsumpcji. Bierze on udział w syntezie i przemianach węglowodanów, najbardziej odpowiedzialnych za kierunek ich użytkowania oraz wpływa na ukształtowanie i modyfikację składników mineralnych wpływających na smak (Flis i in. 2012). Aby dokonać pełnej oceny organoleptycznej nie można pominąć oceny cech miąższu bulw umożliwiających zakwalifikowanie ziemniaków do określonego typu użytkowego. Do takich cech miąższu zaliczamy: skłonność do rozgotowywania, konsystencję mączystość, wilgotność oraz strukturę. W czasie prowadzonych badań własnych oceniana odmiana ziemniaka była zakwalifikowana zgodnie z rejestrem, do typu ogólnoużytkowego B (4.1). Po biofortyfikacji magnezem nie uległ zmianie typ użytkowo konsumpcyjny badanej odmiany pomimo wystąpienia nieznacznych zmian w strukturze miąższu i mączystości. Wynikało to ze wzrostu zawartości suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaka, spowodowanej biofortyfikacją (4.5). Większa zawartość skrobi w bulwach, powoduje zwiększenie ich mączystości i skłonności do rozgotowywania a wielkość jej ziarenek ma wpływ na zmianę struktury miąższu.

Obserwacje własne wykazały, że w celu wyznaczenia optymalnego wariantu procesu produkcji surowca z którego ma powstać produkt spożywczy o charakterystycznych cechach, niezbędne jest przeprowadzenie wielu prób. Procesy jakie stosuje się przy produkcji żywności przetworzonej oparte są głównie o zróżnicowane parametry kompresji (ciśnienie/czas/temperatura). Należą do nich między innymi: suszenie konwencjonalne, liofilizowanie, apertyzacja i fryturowanie oraz mrożenie. Procesy te zawsze prowadzą do utraty zawartych w nich składników odżywczych, co z punktu widzenia konsumenta jest zjawiskiem niekorzystnym (Mozolewski i in. 2010, Mozolewski i in. 2012). Należy jednak zwrócić uwagę, że mogą one również przyczyniać się do utraty składników o działaniu niepożądanym. Obecny konsument oczekuje, że żywność będzie bezpieczna, łatwo dostępną, umożliwiającą sprawne przygotowanie posiłku a więc częściowo lub całkowicie przetworzona głównie na drodze obróbki termicznej (Rytel 2010). Należy zaznaczyć, że procesy przetwórcze z wykorzystaniem wysokich temperatur (suszenie i fryturowanie) są najmniej korzystne. Bardzo popularnie stosowany proces fryturowania w gorącym oleju prowadzi do przekroczenia zalecanych przez FAO/WHO norm kaloryczności tak przygotowanych produktów. Jednak niezależnie od zastrzeżeń dietetyków smażenie było jest i nadal będzie powszechnie stosowaną metodą w przetwórstwie ze względu na prostotę tej czynności oraz korzystne cechy sensoryczne tak uzyskanego produktu żywnościowego. Należy jednak pamiętać, że niezależnie od gatunku warzywa oraz okresu w jakim zostanie on poddany obróbce jakość powstałych przetworów zależy nie tylko od prawidłowo przeprowadzonego procesu technologicznego, ale również od wartości biologicznej

surowca wyjściowego (Mozolewski i in. 2014). Z ziemniaka produkuje się trzy rodzaje takich produktów: smażone, suszone i konserwowane. Do wyrobów smażonych zaliczyć można głównie frytki i chipsy. Produkty suszone z ziemniaka gotowanego i surowego to: płatki i granulaty oraz kostka i grys. Przetwory konserwowe to ziemniak sterylizowany w puszkach, lub słoikach (Rytel 2010, Leszczyński 2012, Mozolewski i in. 2012). W zależności od produktu jaki chcemy uzyskać z ziemniaka wymagania w stosunku do surowca ziemniaczanego są zróżnicowane. O jakości produktów uszlachetnionych (frytek, chipsów) decyduje skład chemiczny bulw a w szczególności zawartość suchej masy, skrobi i cukrów. Bulwy ziemniaka do produkcji frytek powinny zawierać 200-220 g·kg<sup>-1</sup> suchej masy i 140-160 g·kg<sup>-1</sup> skrobi a do wyrobu chipsów 210-240 g·kg<sup>-1</sup> suchej masy oraz 150-180 g·kg<sup>-1</sup> skrobi. Przerób bulw o zbyt niskiej zawartości suchej masy, powoduje pochłanianie zbyt dużo tłuszczu i nieodpowiednią konsystencję (Mozolewski i in. 2012, 2014). Uzyskane wyniki przeprowadzonych przez mnie badania wykazały, że zawartość suchej masy w bulwach jest ściśle skorelowana z zawartością skrobi (**4.5**, **4.10**), która w znacznym stopniu wpływa na teksturę produktów smażonych. Biofortyfikacja magnezem spowodowała wzrost zawartości w bulwach suchej masy o 6,2% i skrobi o 8,5% co wpłynęło na jakość produktów smażonych (**4.5**). Polepszenie jakości frytek i chipsów uzyskanych z surowca biofortyfikowanego wyrażone zostało podniesieniem oceny punktowej jaką otrzymały te produkty za walory konsumpcyjne (jakość). Potwierdziły to dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy zawartością magnezu w bulwach a jakością produktów smażonych  $r=0,823$  dla frytek i  $r=0,716$  dla chipsów (**4.1**).

Parametrem, który ma duże znaczenie dla wartości konsumpcyjnej i technologicznej ziemniaka jest skłonność do ciemnienia miąższu, zarówno bulw surowych jak i po ugotowaniu. W skład ziemniaków wchodzi znaczne ilości składników bioaktywnych i antyutleniaczy, takich jak kwasy fenolowe, karotenoidy czy flawonoidy odpowiedzialnych za barwę i skłonność do ciemnienia miąższu bulw. Polifenole występujące w bulwach ziemniaka to kwas chlorogenowy, kawowy, wanilinowy, p-kumarynowy, galusowy i rutyna, gdzie kwas chlorogenowy stanowi około 90% wszystkich związków fenolowych (Karlsson i in. 2006, Mozolewski i in. 2014, Reddivari i in. 2007, Urbanowicz 2010, Wang-Pruski i Nowak 2004). Pozostałe związki fenolowe stanowią flawonoidy występujące w bulwach w zakresie od 200-300 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy (Reddivari i in. 2007) przy czym zaliczyć tutaj można takie związki jak: katechinę, epikatechinę, eriodiktyol, kemferol i naringeninę. Związki te przyczyniają się również do zwiększenia pojemności antyoksydacyjnej bulw. Procesy utleniania fenoli (głównie tyrozyny i kwasów fenolowych: chlorogenowego i kawowego) zachodzące w surowych bulwach ziemniaka, powodują enzymatyczne ciemnienie miąższu bulw. Natomiast miąższ bulw po ugotowaniu może przybierać odcień szary. Zjawisko to nazywamy ciemnieniem po ugotowaniu lub chemicznym i jest ono wynikiem enzymatycznych procesów utleniania. Polega na łączeniu się kwasu chlorogenowego z Fe<sup>+2</sup> do ciemno zabarwionych kompleksów kwasu żelazodwuchlorogenowego. Proces ten ulega zahamowaniu w obecności związków chelatujących żelazo, głównie kwasu cytrynowego (Karlsson i in. 2006, Wang-Pruski i Nowak 2004). Skłonność bulw do ciemnienia

zarówno enzymatycznego jak i nieenzymatycznego uznawana jest za cechę negatywną. Bulwy o pociemniałym miąższu wyglądają niekorzystnie i nie są akceptowane przez konsumentów oraz są przyczyną ich dyskwalifikacji, jako surowca wyjściowego do dalszej obróbki technologicznej. Zawartość kwasu chlorogenowego oraz stężenie flawonoidów zależy między innymi od genotypu oraz czasu przechowywania. Zaznaczyć należy, że zmienność związana z genotypem i czasem przechowywania w stosunku do związków bioaktywnych (z wyjątkiem kwasu askorbinowego) nie została do tej pory wystarczająco przebadana. W przeprowadzonych badaniach zawartość związków fenolowych istotnie zależała od uwarunkowań genetycznych(4.9). Stwierdziłam istotnie większą - średnio o  $9,45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy - zawartość związków polifenolowych w bulwach odmiany 'Augusta' w porównaniu do odmiany 'Victoria'. Odmiana 'Augusta' wykazała również istotnie wyższą pojemność antyoksydacyjną (FRAP) a więc miała wyższe właściwości przeciwutleniające niż odmiana 'Victoria'. Na skłonność do ciemnienia miąższu bulw odmian 'Augusta' i 'Victoria' istotny wpływ miała zarówno zawartość polifenoli jak i potencjał antyoksydacyjny (FRAP). Wykazałam istotną, choć niską zależność procesu ciemnienia bulw surowych po 10 min od ich przekrojenia a zawartością kwasu askorbinowego ( $r^2=0,46$ ;  $P_{0,05}$ ) oraz bulw ugotowanych, ocenianych po 10 min od czasu ich ugotowania a zawartością kwasu askorbinowego ( $r^2=0,45$ ;  $P_{0,017}$ ) i związków polifenolowych ogółem ( $r^2=0,46$ ;  $P_{0,005}$ ). Natomiast potencjał antyoksydacyjny bulw surowych zależał istotnie od zawartości suchej masy ( $r^2=0,27$ ;  $P_{0,049}$ ) oraz skrobi ( $r^2=0,35$ ;  $P_{0,043}$ ). Uzyskane zależności wskazują na udział tych związków w przebiegu reakcji ciemnienia. Kwas askorbinowy wpływa na potencjał antyoksydacyjny hamując proces ciemnienia, poprzez redukcję produktów rozpadu związków fenolowych, które mogą być przekształcone do melanin powodujących przebarwienie miąższu (Karlsson i in. 2006, Wang-Pruski i Nowak 2004). Przeprowadzone badania własne wykazały również istotny wpływ przechowywania na procesy ciemnienia enzymatycznego bulw surowych i nieenzymatycznego bulw ugotowanych, które związane były zawartością kwasu askorbinowego, związków polifenolowych ogółem jak i suchej masy oraz skrobi. Okres 6-miesięcznego przechowywania bulw spowodował obniżenie zawartości suchej masy, skrobi, kwasu askorbinowego oraz znaczną redukcję związków polifenolowych ogółem, sięgającą średnio 81,0 %. Większe ubytki dotyczyły odmiany 'Victoria' -  $88,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy. Uzyskałam również znaczny spadek pojemności antyoksydacyjnej rzędu 37,5% dla odmiany 'Augusta' natomiast w przypadku odmiany Victoria nie stwierdziłam istotnych zmian. W wyniku tych zmian zwiększeniu uległa skłonność bulw do ciemnienia.

W Polsce około 60% z całej produkcji marchwi przeznaczana jest do przetwórstwa spożywczego na soki, mrożonki i susze. Wysoka jakość sensoryczna, wartość odżywcza i zdrowotna przetworów z marchwi sprawia, że produkty te są akceptowane sensorycznie (lubiane) i cieszą się wśród konsumentów dużą popularnością. Ponadto są bogate w karotenoidy, polifenole, cukry i związki mineralne (Fik i in. 2008). Przetwórstwo marchwi obejmuje głównie takie technologie jak: mrożenie, konserwowanie, suszenie, sterylizowanie lub pasteryzowanie, przetwory dla dzieci oraz soki pitne.

Spośród wszystkich procesów termicznych proces mrożenia i liofilizacji żywności w stosunku do innych metod przetwarzania, pozwala na zachowanie najlepszej wartości biologicznej tak przygotowanego produktu przetworzonego. Mrożonki stanowią największą pozycję na rynku konsumenckim (Seljasen i in. 2013). Proces mrożenia to metoda utrwalania żywności, która dużym stopniu pozwala na zachowanie walorów odżywczych, organoleptycznych i prozdrowotnych surowca, a także zachowuje aktualny stan danego produktu (Fik i in. 2008, Seljasen i in. 2013.). Mechanizmy stresu zachodzące podczas procesu zamrażania, prowadzą jednak zawsze do nieuniknionej utraty jakości produktów mrożonych. Mrożenie powoduje obniżenie jakości produktu poprzez jego brązowienie, utratę soku komórkowego, obniżenie wartości odżywczej, zmianę konsystencji, zmiany mikrobiologiczne czy nawet zanieczyszczenia fizyczne (Fik i in. 2008). Ponadto w czasie rozdrabniania korzeni spichrzowych marchwi w trakcie przygotowania do mrożenia, powstają nowe powierzchnie, które zwiększają kontakt z destrukcyjnymi czynnikami zewnętrznymi, przede wszystkim z powietrzem (tlenem) i światłem. Zawarty w powietrzu tlen jest przyczyną utleniania się składników, takich jak witaminy czy barwniki. Dla jakości produktu finalnego znaczenie ma jakość surowca z jakiego powstają mrożonki oraz wybór odpowiedniej odmiany (intensywność wybarwienia korzeni, ilość związków biologicznie czynnych (DiPersio i in. 2007, Domaradzki i in. 2010)). Ponieważ jakość i wartość odżywcza mrożonej marchwi jest wypadkową potencjału genetycznego surowca i sposobu jego przygotowania w procesie technologicznym, przeprowadziłam badania dotyczące jakości produktów mrożonych uzyskanych z różnych odmian marchwi tradycyjnych ('Flacoro' i 'Karotan') i kolorowych ('Mello Yello' i 'Deep Purple'). Badania własne (4.8) wykazały, że wszystkie mrożonki miały niższą jakość w stosunku do produktu wyjściowego. Proces mrożenia powodował obniżenie zawartości zarówno karotenoidów ogółem jak i kwasu askorbinowego. Ubytek karotenoidów w procesie mrożenia był wyższy niż kwasu askorbinowego. Dla odmiany pomarańczowej 'Flacoro' ubytek karotenoidów wyniósł 45,5% a dla odmiany 'Karotan' tylko 5,5%. Natomiast u odmian kolorowych utrata karotenoidów ogółem była na poziomie 26,2% dla 'Mello Yello' oraz 7,7% dla 'Deep Purple'. Wykazałam, że u odmian mocniej wybarwionych 'Deep Purple' i 'Karotan' utrata karotenoidów w procesie mrożenia była na dużo niższym poziomie niż u odmian słabiej wybarwionych a mrożonki z tych odmian zachowywały przez to intensywniejszą (ładniejszą) barwę. Świadczy to o wpływie uwarunkowań genetycznych na zachowanie wysokiej wartości odżywczej mrozonek w zakresie zawartości sumy karotenoidów oraz w zakresie wizualnej oceny przetworu. Duża rozpuszczalność w wodzie i niska odpornością na wysokie temperatury witaminy C była powodem jej ubytków w procesie mrożenia. W technologii produkcji mrozonek zastosowałam proces blanszowania, który dodatkowo przyczynił się do utraty kwasu askorbinowego. W prowadzonych badaniach uzyskane istotne obniżenie zawartości kwasu askorbinowego w marchwi mrożonej w stosunku do surowca wyjściowego kształtowało się na poziomie od 7,8% dla 'Mello Yello' do 10,5% dla odmiany 'Karotan'. Uzyskane w badaniach własnych wyniki wskazują, że o przydatności marchwi do przetwórstwa decydują zarówno uwarunkowania genetyczne jak i wartość

biologiczna jej korzeni na którą jak udowodniłam i opisałam w innych rozdziałach, pozytywny wpływ ma biofortyfikacja roślin magnezem (4.4, 4.8).

### Wnioski

Wyniki opisanych badań wniosły nowe elementy i istotny wkład w poszerzenie wiedzy na temat jakości warzyw (*Solanum tuberosum L.* i *Daucus carota L.*) w zależności od sposobu ich pozyskiwania oraz przeznaczenia na różne kierunki użytkowania. Pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wzrost zawartości składników ziemniaka jadalnego i korzeni spichrzowych marchwi, odpowiadających za wartość odżywczą, niezależnie od uwarunkowań genetycznych roślin, był skutkiem unikatowego sposobu pozyskiwania surowca, jakim była biofortyfikacja upraw.
2. Wykazano, że zawartość antyoksydantów i potencjału antyoksydacyjnego (FRAP) przy jednoczesnym obniżeniu zawartości polifenoli ogółem i ograniczeniu procesów ciemnienia mięszu bulw surowych i po ugotowaniu jest wynikiem biofortyfikacji magnezem upraw ziemniaka.
3. Udowodniono, że wartość konsumpcyjna oraz organoleptyczna bulw z upraw fortyfikowanych jest wyższa w stosunku do surowca otrzymywanego tradycyjnie. Wykazano poprawę jakości organoleptycznej produktów uszlachetnionych (frytek i chipsów) wyprodukowanych z surowca pozyskiwanego z zastosowaniem biofortyfikacji w stosunku do jakości wyrobów z surowca pozyskiwanego tradycyjnie.
4. Niezależnie od uwarunkowań genetycznych marchwi i stosowanej technologii, utrwalanie korzeni spichrzowych metodą mrożenia pozwala na zachowanie wysokiej wartości prozdrowotnej produktu zamrożonego w stosunku do surowca wyjściowego. Zastosowanie technologii pozyskiwania marchwi z użyciem preparatu biostymulującego podnosi wartość prozdrowotną świeżych korzeni marchwi jak i przetworu w postaci mrożonek. Biorąc pod uwagę wartość prozdrowotną składników marchwi wykazano, że najodpowiedniejsza do przetwórstwa jest marchew czerwona 'Deep Purple' i pomarańczowa odmiany 'Karotan'.
5. Biofortyfikacja magnezem surowca roślinnego stosowana w każdej ilości, pogarsza jego bezpieczeństwo w zakresie zawartości substancji antyżywniowych (azotanów(V), (III), solaniny). Nie powoduje to jednak przekroczenia w bulwach ziemniak i korzeniach marchwi dopuszczalnych przez prawodawstwo zawartości jak i norm dopuszczalnego dziennego spożycia (ADI).
6. Badania wykazały, że niezależnie od długości okresu przechowywania badanych warzyw, obniża się ich jakość oraz wartość technologiczna jako surowca do przetwórstwa, jednakże wcześniejsze biofortyfikowanie roślin magnezem ogranicza niekorzystne zmiany.

7. Istotna poprawa wartości odżywczej warzyw jako produktu do bezpośredniej konsumpcji oraz jako surowca do przetwórstwa na skutek biofortyfikacji roślin magnezem wskazuje, że stosowanie tej technologii powinno być bardziej powszechne.
8. Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że unikatowy surowiec pochodzący z upraw fortyfikowanych magnezem może być z powodzeniem stosowany dla konsumentów wymagających uzupełnienia w swojej diecie witamin, biopierwiastków lub innych składników odżywczych, poprzez dostarczanie ich w sposób naturalny a nie w postaci suplementów – co jest również wskazaniem dla dietetyków opracowujących jadłospisy.
9. Prowadzenie wieloletnich obserwacji dotyczących jakości surowca roślinnego pozyskanego różnymi technologiami oraz uzyskanych z niego przetworów dowodzi, że badania nad żywnością muszą być prowadzone w szerokim zakresie „od pola do stołu” oraz obejmować wiele aspektów.

## Literatura

- Abong G. O., Okoth M. W., Imungi J. K., Kabira J. N. 2011. Losses of ascorbic acid during storage of fresh tubers, frying, packaging and storage of potato crisps from four Kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(9): 772-780.
- Ahmadi H, Akbarpour V, Dashti F, Shojaeian A 2010. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on yield, nitrate accumulation and several quantitative attributes of five Iranian spinach accessions. *Amer-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 8(4): 468-473.
- Arscott S. A., Tanumihardjo S. A. 2010. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Compr. Rev. Food. Sci. F.*, 9: 223–239.
- Karlsson B. H., Palta J. P., Crump P. M. 2006. Enhancing Tuber Calcium Concentration May Reduce Incidence of Blackspot Bruise Injury in Potatoes. *Hort Science*, 41(5): 1213–1221.
- Boskovic-Rakocevic L., Pavlovic R, Zdravkovic J., Zdravkovic M., Pavlovic N. Djuric M. 2012. Effect of nitrogen fertilization on carrot quality. *African Journal of Agricultural Research*, 7(18): 2884-2900.
- DiPersio P.A., Kendall A., Yoon Y., Sofos J.N. 2007. Influence of modified blanching treatments on inactivation of Salmonella during drying and storage of carrot slices. *Food Microbiology*, 24, 500-507.
- Domaradzki P., Malik A., Wójcik W. 2010. Zawartość  $\beta$ -karotenu i witaminy C w wybranych produktach z marchwi. *Bromat. Chem. Toksykol.* – XLIII., 2; 118-123.
- Fik M., Macura R., Zawiślak A. 2008. Wpływ blanszowania marchwi i gotowania mrożonek na zmiany zawartości karotenoidów i właściwości antyoksydacyjne. *Chłódnictwo (XLIII)* 6:66-70.
- Flis B., Zimnoch-Guzowska E., Mańkowski D. 2012. Correlations among Yield, Taste, Tuber Characteristics and Mineral Contents of Potato Cultivars Grown at Different Growing Conditions. *Journal of Agricultural Science*, 4(7): 197 - 207.
- Gajewski M, Węglarz Z., Sereda A, Bajera M, Kruczkowska A, Majewski M. 2010. Carotenoid accumulation by carrot storage roots in relation to nitrogen fertilization level. *Not. Bot. Hort. Agrobot.* 38 (1): 71-75
- Gocan T.M., Măniutiu D.N., Andreica I., Bogdan I., Lazăr V., Neacsu I. 2013. Accumulation of nitrate in the roots of carrot in conditions of transylvania and correlation between the amount of soluble dry matter and nitrites. *Bulletin UASVM Horticulture*, 70(1)/2, 107-114
- Ierna A. 2009. Influence of harvest date on nitrate contents of three potato varieties for off-season production. *J. Food Comp. Anal.* 22: 551-555.
- Järvan M, Edesi L. 2009. The effect of cultivation methods on the yield and biological quality of potato. *Agronomy Research* 7 (Special issue I): 289-299



- Karkleliene R., Radzevičius A., Bobina Č. 2009. Productivity and Root-Crop Quality of lithuanian Carnot (*Daucus Dativus* Röhl.) Breeder Lines. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B, Vol 63, No.1/2, (660/661): 63-65.
- Kęsik T. 2009. Mineralne żywienie i nawożenie roślin ogrodniczych w pracy naukowo-badawczej prof. dr hab. Józefa Nurzyńskiego. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia, Vol. XIX (1): 19-25.
- Komitet FAO/WHO 2002. FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) in 2002. Commission Regulation No. 563/2002 of 2 April 2002 amending Regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities L86, 03/04/2002: 5-6.
- Leszczyński W. 2012. Żywieniowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych. Biul. Inst. Ziemn., 266: 5-20.
- Majkowska-Gadomska J., Wierzbicka B. 2010. The field and nutritive value of selected carrot cultivars with orange – and purple-colored storage roots. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 9(4): 75-84.
- Mozolewski W., Pomianowski J., Siemianowska E. 2010. Are potato french fries a good source of trace elements? Fresenius Environmental Bulletin, 19(04a): 576-578.
- Mozolewski W., Warmińska M., Dąbrowska A. 2012. Metody restytucji mrożonych frytek czynnikiem kształtującym ich profil smakowy. Biuletyn IHAR, 266, 279-286.
- Mozolewski W., Radzymińska M., Łazicki T. 2014. Jakość ziemniaka spożywczego w opinii konsumentów. Biuletyn IHAR., nr 272: 5-16.
- Möller K., Reents H. J. 2007. Impact of agronomic strategies (seed tuber pre-sprouting, cultivars choice) to control late blight (*Phytophthora infestans*) on tuber growth and yields in organic potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. Potato Res 50:15–29
- Patras A., Brunon N., Da Pieve S., Butler F., Downey G. 2009. Effect of thermal and pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour tomato and carrot purées. Innov. Food Sci. Emerg. Techn., 10, 16-22.
- Pawelzik E., Möller K. 2014. Sustainable Potato Production Worldwide: the Challenge to Assess Conventional and Organic Production Systems. Potato Research, 57: 273–290.
- Reddivari L., Hale A.L., Miller J.C., 2007. Genotype, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, and composition in specialty potatoes. J. Agr. Food Chem., 55: 8073–8079.
- Rios J. J., Lochlainn A. O., Devonshire J., Graham N. S., Hammond J. P., Graham J. K., White P. J., Kurup S., Broadley M. R. 2012. Distribution of calcium (Ca) and magnesium (Mg) in the leaves of *Brassica rapa* under varying exogenous Ca and Mg supply. Annals of Botany: 1 - 9.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa, GUS. 2013. Wydawnictwa Statystyczne, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13.01.2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz. U. z 4. marca 2003r. Nr 37, poz. 326).
- Rytel. 2010. Wybrane substancje odżywcze i antyżywieniowe ziemniaka i zmiany ich zawartości podczas przetwarzania na produkty spożywcze. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 557, 43-61.
- Shahriari Z., Heidari B., Cheraghi M., Shahriari A., G. 2013. Biofortification of staple food crops: Engineering the metabolic pathways. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 5 (3): 287-290.
- Seljasen R., Kristensen H.L., Lauridsen Ch., Wyss G.S., Kretzchmar U., Birlouez-Aragone I., Kahl J. 2013. Quality of carrots as affected by pre-and postharvest factors and processing. J. Sci. Food Agric., 93: 2611-2626.
- Tamme T., Reinik M., Roasto M., Juhkam K., Tenno T., Kiis A. 2006. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. Food Addit. Contam. 23: 355–361.
- Urbanowicz J., 2010. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Część II. Wpływ na wybrane cechy jakości bulw. Biul. IHAR, 257-258, 197-205.

- White P. J., Broadley M. R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets--iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 182(1): 49-84.
- Wang-Pruski G., Nowak J. 2004. After-cooking darkening of potato. *Am. J. Potato Res.*, 81: 7-16.
- Wroniak, J. 2006. Nutrition qualities of edible potato. *Ziemniak Polski*, 2: 17-20.
- Ziarati P., Arbabi-Bidgoli S. 2014. Investigation of cooking method on nitrate and nitrite contents in crops and vegetables and assess the associated health risk. *Intern. Journ. of Plant, Anim. and Envir. Sc.*, 4(2): 46-52.
- Zarzecka K., Gugała M. 2011. Wybrane parametry jakości bulw ziemniaka jadalnego pochodzącego z rejonu Podlasia. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 44(1): 38-42
- Zarzyńska, K. 2013. Chemical composition of potato tubers in relation to crop production system and environmental conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 3: 689-695.
- Zhang Y., Jung C. S., Jong W. S. 2009. Genetic analysis of pigmented tuber flesh in potato. *Theor Appl Genet.* 119(1): 143–150.
- Zhang Y. 2013. Ascorbic Acid in Plants: Biosynthesis, Regulation and Enhancement. Springer Briefs in Plant Science. DOI: 10.1007/978-1-4614-4127-4\_1.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

### Tematyka badawcza rozwijana w czasie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

W pierwszym etapie mojej pracy zawodowej w Katedrze Chemii Rolnej, Zakładzie Przechowalnictwa i Przetwórstwa Produktów Roślinnych zajmowałam się w ramach Centralnych Programów Rozwoju Rolnictwa problematyką, związaną głównie z ustaleniem zaleceń poziomu aplikacji azotu, stosowaną w różnych warunkach środowiskowych, umożliwiającą uzyskanie dobrej jakości surowca ziemniaczanego, przeznaczonego do bezpośredniej konsumpcji i przetwórstwa. W związku z rozwijającym się rodzimym rynkiem przetwórstwa ziemniaczanego w kierunku produkcji wyrobów uszlachetnionych frytek i gotowych przekąsek, przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji, badania dotyczyły głównie polskich odmian ziemniaka. Badania obejmowały również ocenę dynamiki pobrania składników pokarmowych zarówno przez bulwy jak i łęty. Wykazałam, że dla uzyskania wysokich plonów bulw, aplikacja azotu dla odmian średnio-wczesnych powinna wynosić od 160 do 200kg, średnio-późnych od 120 do 160kg a wczesnych od 40 do 80 kg·ha<sup>-1</sup>. Aplikacja powyżej 120kg azotu pogarszała wartość konsumpcyjną (cechy organoleptyczne) w zakresie smakowitości i skłonności do ciemnienia bulw, natomiast wartość odżywcza ulegała poprawie poprzez wzrost zawartości białka ogólnego i witaminy C. Ponad to aplikacji azotu w ilości 100kg ziemniaczane wyroby fryturowane osiągały najlepszą ogólną jakość. Wystąpiła również ogólna tendencja do spadku zawartości chlorofilu w liściach oraz zmienił się wzajemny stosunek pierwiastków K:N (wzrost) i Ca:Mg (spadek). W późniejszym okresie, badania zostały rozszerzone o ustalenie zaleceń i wpływu potasu na wartość konsumpcyjną i technologiczną ziemniaka oraz o analizę surowca po długoterminowym przechowywaniu. Surowiec ziemniaczany składowano w kontrolowanych warunkach tj. temperaturze i wilgotności względnej powietrza, zgodnie z kierunkiem użytkowania. Stosując technologię kultywacji przy produkcji surowca ziemniaczanego,

opartą o aplikację potasu, uzyskałam poprawę jakości surowca w zakresie wartości odżywczej i konsumpcyjnej. Natomiast stwierdziłam, że po długotrwałym okresie przechowywania pogarsza się jakość surowca ziemniaczanego w zakresie wartości odżywczej i technologicznej. Ponadto wykazałam, że technologia kultywacji oparta o aplikację azotu w każdej ilości, pogarsza bezpieczeństwo surowca ziemniaczanego a oparta o potas pogarsza je tylko po zastosowaniu bardzo wysokich dawek. Wyniki tych badań opublikowano w postaci udokumentowanych sprawozdań rządowych (strony tytułowe sprawozdań w załączniku nr 7) i jednej pracy pogładowej (5.1). Współpraca z niemiecką firmą nawozową K+S Kali GmbH oraz niepokojące doniesienia naukowe, związane z niedoborem magnezu szczególnie w grupie dzieci, było powodem mojego zainteresowania się problematyką. Skutkowało przeprowadzeniem badań dotyczących wpływu aplikacji surowca ziemniaczanego magnezem na wybrane parametry jakościowe bulw. Zastosowanie takiej technologii kultywacji, spowodowało zwiększenie zawartości w bulwach suchej masy, skrobi i witaminy C (5.2, 5.3). Wyniki badań stanowiły podstawę do realizacji mojej pracy doktorskiej. Zostały one opublikowane w latach 2000-2004 w formie trzech oryginalnych prac naukowych (5.4, 5.5, 5.6). Badania obejmowały odmianę ziemniaka, typu ogólnoużytkowego, co dało możliwość oceny nie tylko surowca przeznaczonego do bezpośredniej konsumpcji ale również oceny jakościowej produktów uszlachetnionych. Surowiec jak i wyprodukowane z niego przetwory fryturowane, poddano ocenie bezpośrednio po zbiorze, ale również po długotrwałym przechowywaniu w kontrolowanych warunkach dostosowanych do kierunku użytkowania. Całkowity brak informacji w literaturze krajowej oraz nieliczne pozycje zagraniczne na temat, skłonności do ciemnienia miąższu bulw w zależności od wzajemnego współdziałania kwasów organicznych (askorbinowego, cytrynowego, chlorogenowego) w ocenie przeprowadzonej bezpośrednio po zbiorze i długotrwałym składowaniu, skłoniło mnie do wykonania badań. Analiza wykazała istotną zależność między skłonnością do ciemnienia miąższu bulw surowych i po ugotowaniu a zawartością kwasów chlorogenowego, askorbinowego i cytrynowego. Wyliczone współczynniki korelacji liniowej wyniosły odpowiednio  $r=-0,63$ ;  $r=0,32$ ;  $r=0,62$ ; ( $P_{0,05}$ ) - dla miąższu bulw surowych i  $r=-0,72$ ;  $r=0,47$ ;  $r=0,63$ ; ( $P_{0,05}$ ) dla miąższu bulw po ugotowaniu. W surowcu po przechowywaniu nastąpił spadek zawartości kwasów askorbinowego, i cytrynowego oraz wzrost kwasu chlorogenowego. Skutkowało to wzrostem skłonności do ciemnienia miąższu bulw zarówno surowych jak i po ugotowaniu. Jednak wpływ wzajemnego ich współdziałania na skłonność do ciemnienia, pozostał taki sam jak po zbiorze.

- 5.1. Rogozińska I., Pińska M., Grajewski J., Wojdyła T., **Wszelaczyńska E.** 1995. Field experiments on balanced potassium and magnesium of potatoes at Bydgoszcz, Poland. International fertilizer correspondent Vol. XXXVI. 2/1995.
- 5.2. Rogozińska I., Wojdyła T., Pińska M., **Wszelaczyńska E.** 1996. Rola nawożenia mineralnego w kształtowaniu się azotanów w bulwach ziemniaków. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Zesz. 440: 301-307.

- 5.3. Rogozińska I., **Wszelaczyńska E.**, Wojdyła T. 1999. Wpływ zróżnicowanych rodzajów i sposobów nawożenia magnezem na wartość odżywczą i użytkową bulw ziemniaków jadalnych. Biuletyn Magnezologiczny, 4(2): 400-406.
- 5.4. **Wszelaczyńska E.** 2001. The effect of magnesium fertilization on the nutritional value of tubers of the edible potato variety Mila. Biuletyn Magnezologiczny, 6(4): 422-430.
- 5.5. **Wszelaczyńska E.** 2002. Applicability of 'Mila' potato tubers fertilised with varied magnesium doses to obtain processed products. Acta Sci. Pol., Agricultura 1(1): 121-129.
- 5.6. **Wszelaczyńska E.** 2004. Wpływ nawożenia magnezem na zawartość kwasów organicznych i ciemnienie miąższu bulw ziemniaka odmiany Mila. Acta Sci. Pol., Agricultura 3(1):175-186.

**Tematyka badawcza rozwijana po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:**

- a) *Jakość warzyw i owoców oraz przetworów znajdujących się w obrocie detalicznym wynikająca z cech organoleptycznych, symulowanych warunków sprzedaży oraz metod konserwacji. Jakość przetworów wyprodukowanych z marchwi bifortyfikowanej magnezem. Zagrożenia dla konsumenta związane z obecnością związków szkodliwych w warzywach oraz owocach i ich przetworach.*
- 5.7 Pińska M., **Wszelaczyńska E.**, Rogozińska I. 2006. Nitrate Concentration in Vegetables and Their Processed Products Available In Retail as Compared with the WHO/FAO Requirements. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Z.513: 313-322.
- 5.8 Pińska M., **Wszelaczyńska E.**, Rogozińska I. 2006. Zawartość azotanów(V) w warzywach i ich przetworach dostępnych w obrocie detalicznym na tle wymogów WHO/FAO. Inżynieria Ekologiczna Nr 17: 87-88.
- 5.9 Rogozińska I., **Wszelaczyńska E.**, Pińska M.. 2008. Jakość warzyw w obrocie detalicznym. Cz I. Ocena sensoryczna wybranych warzyw. Inż. i Aparat. Chem., Nr 3, 47(39), 16-18.
- 5.10 Rogozińska I., **Wszelaczyńska E.**, Pińska M.. 2008. Jakość warzyw w obrocie detalicznym. Cz II Ocena smakowitości wybranych warzyw metodą instrumentalną. Inż. i Aparat. Chem., Nr 3, 47(39), 18-19.
- 5.11 Pobereźny J., **Wszelaczyńska E.** 2013. Wpływ metod konserwacji na wybrane cechy jakościowe owoców i warzyw znajdujących się w handlu detalicznym Inż. Ap. Chem., 52, nr 2, 92-94.
- 5.12 Keutgen A.J., Pobereźny J., **Wszelaczyńska E.** 2012. Non-invasive quality determination of spinach under simulated sale conditions and prediction of possible changes. Journal of Elementology 17(2): 269-278.

- 5.13 **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J. Keutgen A., Szczepanek M., Idaszewska N., Brewka J. 2015. Modulation of carrot product quality by application of foliar magnesium and selected technological processed. *Żywność Nauka Technologia Jakość*.

Moje zainteresowania żywnością i gotowymi produktami żywnościowymi dotyczyły głównie surowca warzywnego znajdującego się w obrycie detalicznym, szczególnie z supermarketów. Mają one opinie dystrybutora żywności o szczególnie niskiej jakości, zawierającej często duże ilości substancji szkodliwych. Trzyletnie badania własne dotyczyły wybranych świeżych warzyw: cebuli, czosnku, kapusty głowiastej i białej, kopru, marchwi, ogórków, pietruszki korzeniowej i naciowej, sałaty, selera korzeniowego, ziemniaka oraz przetworów, poddanych różnym metodom konserwacji: pasteryzacji (termiczna 60°C - 30 min); marynowaniu (chemiczna – 6% kwas octowy); kiszeniu (fermentacja mlekowa). Produkty roślinne surowe oraz przetworzone, nabywałam były periodycznie w odstępach miesięcznych od listopada do lutego. W artykułach (5.7, 5.8) przedstawiłam zagrożenia związane z obecnością związków szkodliwych w szczególności azotanów(V), których normy zawartości w surowcach roślinnych i ich przetworach, są bardzo rygorystyczne i ściśle określone. Omówiłam również, konsekwencje wynikające ze spożycia produktów zawierających te związki i wpływających na zdrowie konsumenta. Ustaliłam dzienne pobranie azotanów(V) wynikające z konsumpcji badanych produktów zalecanej przez dietetyków, porównując je do dopuszczalnej akceptowalnej dziennej dawki, jaką może spożyć dorosły człowiek (ADI) w przeliczeniu na  $\text{NaNO}_3$  na poziomie  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  masy ciała. W celu określenia stabilności badanej zawartości azotanów(V) obliczyłam współczynniki zmienności. Ustaliłam czynniki środowiskowe wpływające na wzrost zawartości azotanów(V) w produktach sprzedawanych w marketach na terenie Bydgoszczy. Badania wykazały, że nie wszystkie gatunki warzyw wykazują jednakową zdolność do akumulacji azotanów(V), gdyż zawartość mieściła się w przedziale od 25 do  $1850 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy. Trzyletnia obserwacja wykazała również, że gatunki warzyw pochodzące z upraw szklarniowych miały więcej azotanów(V) niż te, które pochodziły z upraw polowych. Spożycie zalecanych 500 gramów warzyw świeżych (pomijając koper, nać pietruszki i sałatę) nie wiąże się z nadmiernym pobraniem azotanów(V) przez konsumentów. W trakcie przechowywania warzyw trwałych, następowało zmniejszenie zawartości azotanów(V), chociaż nie zawsze odnotowywano obniżenie tej zawartości, szczególnie po pierwszym miesiącu przechowywania. Uzyskanie takiego rezultatu, mogło wynikać z różnej zawartości azotanów(V) w warzywach tuż po zbiorze, gdyż nie ma pewności, że w każdym terminie zakupu, warzywa pochodziły od tego samego producenta. Należy również brać pod uwagę, że markety w przeciwieństwie do małych 'osiedlowych', warzywniczych sklepików, są dystrybutorem warzyw głównie z importu, gdzie stosuje się w ich uprawach znacznie wyższe niż w naszym kraju ilości nawozów mineralnych. Produkty utrwalone poprzez fermentację mlekową (kiszenie) zawierają więcej azotanów(V) w stosunku do przetworów pasteryzowanych i marynowanych. Przetwory wykazywały większą stabilność badanej cechy, niż warzywa świeże. Największą zmienność dla warzyw świeżych uzyskano dla pora (38,5%), a wśród

przetworów dla cebuli marynowanej (11,5%). Niska jakość dystrybuowanego surowca roślinnego przez markety wynikała najczęściej ze sprzedaży produktów źle składowanych (przechowywanych) niezgodnie z zaleceniami. Ponadto konsument powinien zwracać uwagę na termin ważności, gdyż w trakcie nabywania surowca do badań trafiałam często na produkty przeterminowane.

Wyniki trzyletnich badań z zakresu oceny sensorycznej w tym smakowości, metodą instrumentalną oraz składu chemicznego dotyczącego zawartości: cukrów ogółem, prostych, kwasowości ogólnej opublikowałam w artykułach (5.9, 5.10). Dotyczyły wielu warzyw (marchew, burak ćwikłowy, seler naciowy, czosnek, cebula, pomidor, papryka czerwona) nabywanych bezpośrednio w sprzedaży detalicznej. Badania prowadziłam periodycznie od grudnia do lutego w odstępach miesięcznych. Przeprowadzona ocena sensoryczna warzyw wykazała, że pomidor i warzywa korzeniowe charakteryzowały się niską jakością. Oceniane parametry w 50% nie odpowiadały obowiązującym wymaganiom w naszym kraju. Nabywane warzywa miały też często wady, które po nabyciu były powodem szybkiego ich psucia co jest przyczyną strat ekonomicznych ponoszonych przez konsumentów. Brak w ocenie organoleptycznej wyróżników smaku i zapachu powoduje, że ocena ta jest niepełna i nie oddaje faktycznego stanu w jakim znajduje się warzywo. W opublikowanych artykułach wskazałam na potrzebę zmodyfikowania oceny organoleptycznej warzyw, poprzez poszerzenie jej o wyróżnik smakowości (smak, zapach), wyrażony w punktach. Proponowana punktacja to: od 1 do 1,5pkt zła smakowość; od 1,6 do 3,5 średnia; od 3,6 do 5 pkt. smakowość bardzo dobra. Dokonałam oceny smakowości zakupionych warzyw metodą instrumentalną, poprzez wyznaczenie stosunku sacharozy do kwasowości ogólnej. Szeroki stosunek cukrów do kwasów organicznych (66:1) wykazały warzywa słodkie (marchew, burak, czosnek i seler naciowy), natomiast wąski (3,5:1) miały warzywa o wyczuwalnym kwaśnym posmaku.

Wyniki trzyletnich badań nad wpływ metod konserwacji na jakość owoców i warzyw znajdujących się w obrocie detalicznym, zawarłam w odrębnym artykule naukowym (5.11). Warzywa oraz owoce (papryka czerwona, pomidor, pieczarka, brokuł, śliwka) jak i ich przetwory susz (śliwka, pieczarka), mrożonki (brokuły, śliwki), marynaty (papryka czerwona, śliwka), koncentraty (pomidorowy, powidła śliwkowe) zakupiłam w jednym terminie i przechowywałam od listopada do lutego w warunkach przewidzianych normami. Oznaczenia obejmowały skład chemiczny w zakresie zawartości witaminy C, cukrów ogółem, cukrów prostych oraz kwasowości ogólnej. Wszystkie procesy przetwórcze powodowały obniżenie zawartości witaminy C nawet o 50%, przy czym proces mrożenia oraz marynowania śliwki pozwalał na zachowanie witaminy C w największej ilości. Zawartość cukrów ogółem jak i cukrów prostych pod wpływem niskiej temperatury (mrożenie) nie uległa istotnej zmianie w przeciwieństwie do pozostałych metod konserwacji. Omawiane metody konserwacji nie wpłynęły na zmianę kwasowości ogólnej produktów z wyjątkiem marynat i jest to efekt całkowicie uzasadniony. Spożywanie śliwek przetworzonych w postaci powideł śliwkowych, dostarcza organizmowi człowieka więcej witaminy C niż owoce świeże. Jest to spowodowane uzupełnieniem tego produktu witaminą C.

Proces mrożenia w stosunku do innych metod pozwala na zachowanie wysokiej jakości tak utrwalanych produktów.

Wyniki badań szybkiego i nieinwazyjnego oznaczenia *in vivo* cech jakościowych warzyw w tym świeżości warzyw liściastych opublikowałam w artykule (5.12). Przeprowadziłam ocenę jakościową szpinaku w symulowanych warunkach sprzedaży. Fluorescencja chlorofilu, w szczególności optymalne wykorzystanie kwantów Fv/Fm, stosowana jest do oznaczania stanu fizjologicznego roślin, gdzie występowanie stresu, chorób czy procesów więdnienia, może spowodować zmniejszenie optymalnego wykorzystania kwantów. W praktyce fluorescencja chlorofilu ma specjalne zastosowanie, ponieważ pomiary podczas przechowywania mogą zostać przeprowadzone szybko i bezdestrukcyjnie, natychmiast informując o stanie jakości szpinaku oraz jego przydatności do sprzedaży. W badaniach zweryfikowałam zastosowanie fluorescencji chlorofilu do określenia zmian jakościowych, fizycznych i fizjologicznych, zachodzących w świeżym produkcie odznaczającym się szybkim występowaniem strat rozbiornych. Szpinak będący warzywem liściowym, przeznaczonym do bezpośredniego spożycia składowałam w symulowanych warunkach przez 5 dni (16 h w chłodni: 4 °C, 96% wilgotności względnej; 8 h w temperaturze pokojowej: 22-23 °C, 70% Rh), z uwzględnieniem różnych warunków uprawy (nawożenie, stosowanie dolistne Previcuru, CaCl<sub>2</sub> oraz Cerone). Badania wykazały, że straty świeżej masy w fazie pozbiorczej mogły zostać opisane za pomocą zmian Fv/Fm zmierzonych w przystosowanych do ciemności liściach szpinaku, ze względu na liniową zależność parametrów ( $r^2=0,77$ ). Negatywny aspekt pomiaru fluorescencji chlorofilu stanowiła mała dokładność określenia krytycznej dla jakości handlowej szpinaku, granicy ubytku świeżej masy w wielkości 3%. Dopiero ubytki świeżej masy od 4 do 5% spowodowały zmniejszenie optymalnego wykorzystania kwantów poniżej krytycznej granicy 0,80, wskazującej na wystąpienie stresu pozbiorczego. Ponadto dolistne zastosowanie pestycydów negatywnie wpłynęło na pomiar procesów starzenia (senescencji) oraz utraty jakości badanego szpinaku, niezależnie od sposobu jego uprawy. W badaniach nie stwierdzono zależności między fluorescencją chlorofilu a zmianami barwy liści szpinaku, zawartością chlorofilu, azotu ogółem i węglowodanami rozpuszczalnymi w wodzie oraz intensywnością oddychania i emisją etylenu.

Jestem autorką publikacji w której przedstawiłam wyniki trzyletnich badań dotyczących jakości uzyskanych w skali laboratoryjnej przetworów w postaci mrożonek, suszu i marchwi konserwowanej w słoikach, powstałych na bazie surowca po biofortyfikacji roślin magnezem (5.13). Badania dotyczyły pięciu pomarańczowych odmian marchwi ('Berjo', 'Flacoro', 'Karotan', 'Koral', 'Perfekcja'). Przetwory wyprodukowane z surowca po biofortyfikacji zawierały największą zawartość karotenoidów i witaminy C. Niezależnie od procesu przetwarzania straty karotenoidów wyniosły średnio 36,1% a witaminy C 59,2%. Najmniejsze straty karotenoidów i witaminy C powodowały procesy mrożenia i konserwowania, największe proces suszenia. Straty te wyniosły odpowiednio 28,6% i 23,6 % dla mrożonek, 27,7% i 64,4 % dla konserw oraz 51,9% i 89,6 % dla suszu.

Z badanych odmian do przetwórstwa najbardziej przydatne okazały się odmiany 'Karotan' i 'Koral' a najmniej 'Berjo'.

**b) Ciemnienie warzyw i owoców znajdujących się w obrocie detalicznym oraz możliwości wykorzystania metod do oceny ich ciemnienia**

5.14 Keutgen A.J., **Wszelaczyńska E.**, Wichrowska D., Pobereźny J. 2015. Susceptibility of carrot roots and apple fruits to enzymatic browning processes. *Zeszyty Problemowe Postęp Nauk Rolniczych*, Z.580: 35-42.

5.15 **Wszelaczyńska E.**, Wichrowska D., Pińska M., Rogozińska I. 2007. Evaluation of enzymatic browning degree of edible potato tubers induced by herbicides, mechanical damages and storage by means of instrumental and sensory methods. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, Vol. 57, Nr 3(A): 163-166.

Ocenę procesów ciemnienia prowadziłam przez trzy lata i dotyczyła dwóch produktów marchwi (5 odmian) oraz jabłek (7 odmian). Przebadano wpływ potencjału genetycznego jabłek i biofortyfikowanej magnezem marchwi oraz przechowywania (w przypadku marchwi kopiec a jabłek w warunkach ULO, czyli  $>2\% \text{ O}_2$ ,  $<2\% \text{ CO}_2$ ,  $1.5\text{--}2.0^\circ\text{C}$  oraz 95–96% wilgotności względnej) na ciemnienie. Przeprowadzona ocena wykazała, że procesy ciemnienia w korzeniach marchwi i owocach jabłoni zależały od gatunku. Korzenie marchwi podlegały mniej procesom ciemnienia niż jabłka, a biofortyfikacja marchwi magnezem ograniczała ciemnienie. Przechowywanie przez okres 6 miesięcy, sprzyjało procesowi ciemnienia. Wykazałam większe nasilenie procesu ciemnienia owoców jabłoni niż korzeni spichrzowych marchwi. W przypadku jabłek dobór odmiany stanowił najważniejszy czynnik w ograniczeniu procesów ciemnienia, odgrywa to znaczącą rolę w wyborze surowca do produkcji soków czy suszu jabłkowego. Problem ciemnienia warzyw i owoców jest nie tylko postrzegany przez przetwórców, ale ma istotne znaczenie przy bezpośredniej ich sprzedaży na rynku konsumenckim. Dla konsumenta najważniejszą metodą oceny produktu jest ocena wizualna. Omówione wcześniej procesy ciemnienia warzyw, znajdujące się w kręgu moich zainteresowań naukowych, zostały poszerzone o wyznaczenie stopnia ciemnienia miąższu bulw ziemniaka wywołanego mechanicznymi uszkodzeniami symulującymi warunki transportu (5.14). W celu sprawdzenia czy dokonana przez konsumenta wizualna ocena produktu, oddaje jego stan faktyczny, dokonałam takiej oceny dwoma sposobami: metodą wizualną (organoleptyczną w skali 5 punktowej gdzie 1 oznacza miąższ ciemny) oraz instrumentalną (spektrofotometryczną). Badania prowadziłam w oparciu o trzyletnie doświadczenie z ziemniakiem odmian jadalnych ('Asterix', 'Dorota', 'Victoria' (5.15). Bulwy ziemniaka poddawałam uszkodzeniom mechanicznym imitującym warunki transportu, a oceny dokonywałam zarówno bezpośrednio po zbiorze jak i po 6 miesiącach przechowywania.



Współczynnik korelacji dla obu metod po zbiorach wynosił: dla bulw nie uszkodzonych ( $r=-0,84$ ), uszkodzonych ( $r=-0,64$ ), natomiast po przechowywaniu wartość ta wynosiła odpowiednio ( $r=-0,54$ ) i ( $r=-0,73$ ). Uzyskany wysoki stopień korelacji między zastosowanymi metodami wskazuje, iż ocena dokonana w laboratorium chemicznym jest zbieżna z oceną wizualną konsumenta. Mechaniczne uszkodzenia jak i długotrwały okres przechowywania bulw przyczyniały się do wzrostu ciemnienia miąższu surowego. Natomiast stosowanie różnych środków ochrony roślin, różnicowało istotnie ciemnienie miąższu bulw surowych tylko w przypadku zastosowania metody kolorymetrycznej. Z punktu widzenia konsumenta jest to bardzo ważna informacja, gdyż może to wskazywać na występowanie pozostałości w bulwach szkodliwych związków czego konsument nie jest w stanie określić wizualnie a taki stan może zagrażać jego zdrowiu.

c) *Określenie wybranych cech jakościowych marchwi, ziemniaka oraz tymianku pospolitego pozyskanych różnymi technologiami, stosowanymi w różnych warunkach środowiskowych oraz poddanych długotrwałemu przechowywaniu.*

- 5.16 Pobereźny J., **Wszelaczyńska E.**, Keutgen A.J. 2012. Yield and chemical content of carrot storage roots depending on foliar fertilization with magnesium and duration of storage. *Journal of Elementology*, 17(3): 479 – 494.
- 5.17 **Wszelaczyńska E.**, Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Pińska M. 2007. Wpływ nawożenia na wybrane cechy jakościowe bulw ziemniaka odmiany Bila. Effect of fertilization on some characteristics cv. Bila potato tubers. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 6(4): 91-96.
- 5.18 Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Murawska B., **Wszelaczyńska E.**, Pińska M. 2009. Effect of many-year natural and mineral fertilization on yielding and the content of nitrates(V) in potato tubers. *J. Cent. Eur. Agric.* (2009) 10(1), 109-114.
- 5.19 **Wszelaczyńska E.**, Pobereźny J., Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E. 2014. Effect of organic and nitrogen fertilization on selected components in potato tubers grown in a simplified crop rotation. *Journal of Elementology.*, 19(4): 1153 – 1166.
- 5.20 Pobereźny J., **Wszelaczyńska E.**, Wichrowska D., Jaskulski D. 2015. Content of nitrates in potato tubers depending on the organic matter, soil fertilizer, cultivation. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75(1), 42-49.
- 5.21 Wichrowska D., **Wszelaczyńska E.**, Pobereźny J. 2015. Effect of nutrient supply from different sources on some quality parameters of potato tubers. *Journal of Elementology.*, 20(1): 217 – 230.
- 5.22 **Wszelaczyńska E.**, Pobereźny J. 2011. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses Part I. Natural losses. *Journal of Elementology* 6(1): 135-142.

- 5.23 Kozera W., Majcherczak E., Barczak B., Knapowski T., **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J. 2015. Response of the yield and mineral composition of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) herbage to various NPK proportions. *Journal of Elementology*, 20(4): 921 – 931.
- 5.24 Szczepanek M., Wilczewski E., Pobereżny J., **Wszelaczyńska E.**, Keutgen A., Ochmian I. 2015. Effect of biostimulants and storage on macroelement content in storage roots of carrot. *Journal of Elementology*, 20(4): 1021 – 1031.

Dla przemysłu przetwórczego szczególnymi wyróżnikami jakości korzeni spichrzowych marchwi jako surowca do przetwórstwa jest zawartość suchej masy (do produkcji przecierów, kremów dla dzieci, mrożonek, suszu konwencjonalnego i liofilizowanego) oraz cukrów ogółem i prostych dla wytwórni soków. Omówiona w autoreferacie jakość pięciu odmian, biofortyfikowanej magnezem marchwi nie objęła tych parametrów. Wyniki tych badań opublikowałam w osobnym artykule (**5.16**). Badania wykazały, że korzenie spichrzowe marchwi odmiany 'Karotan' zawierały najwięcej suchej masy, cukrów ogółem i redukujących. Biofortyfikacja marchwi spowodowała istotny wzrost zawartości wszystkich badanych składników w jej korzeniach. Okres 6 miesięcy przechowywania powodował wzrost zawartości suchej masy o 2,6% i cukrów ogółem o 11,2% i ubytek zawartości cukrów redukujących o 11,1% (średnio dla odmian).

Jestem autorką artykułów naukowych dotyczących jakości surowca ziemniaczanego pozyskiwanego w warunkach uproszczonego zmianowania w pierwszym roku dziesiątej (**5.17, 5.19**) i jedenastej rotacji (**5.18, 5.19**) doświadczenia statycznego prowadzonego od 1979 roku. Po zastosowaniu nawozu naturalnego w bulwach ziemniaka istotnie wzrastała zawartość białka ogólnego magnezu i witaminy C. Natomiast biofortyfikacja roślin azotem spowodowała obniżenie zawartości tych składników. Zaznaczyć należy, że biofortyfikacja roślin azotem stosowana na tle nawozu naturalnego, powodowało wzrost zawartości azotanów (V) powyżej progu toksyczności dla konsumenta.

Idea ochrony środowiska i konsumenta była powodem mojego poszukiwania nowych technologii kultywacji surowca ziemniaczanego, polegających na wprowadzaniu w uprawie uproszczeń oraz stosowaniu różnego rodzaju dodatkowych substancji biostymulujących. Mając na uwadze, duże spożycie ziemniaka, dynamiczny rozwój ekologii, oraz stały monitoring skażenia żywności, przeprowadziłam badania, które były oparte o Grant. Założeniem realizowanego projektu nr 0863/B/P01/2009/36 finansowanego przez MNiSW było określenie możliwości stosowania technologii kultywacji ziemniaka opartej o wprowadzenie uproszczeń, polegających na ograniczeniu nawożenia mineralnego, oraz wycofywania z uprawy szkodliwych dla konsumenta pestycydów (**5.20, 5.21**). Dodatkowo w technologii zastosowano różną materię organiczną oraz substancję biostymulującą (użyźniacz glebowy Ugmax). Badania prowadzono z odmianą ziemniaka 'Satina', w której oznaczano zawartość składników odżywczych: witaminy C, białka ogółem i związków mineralnych (azotu, fosforu i potasu) oraz szkodliwych - azotanów(V) w bulwach. Oznaczeń

dokonywałam bezpośrednio po zbiorze oraz po 6 miesiącach przechowywania. Dla utrzymania wysokiej zawartości witaminy w bulwach C, największy wpływ miało zastosowanie technologii konwencjonalnej. Ograniczenie o połowę składników mineralnych w stosunku do zalecanej ilości powodowało nieznaczne obniżenie zawartości witaminy C a tym samym wartości odżywczej bulw. Natomiast zawartość białka ogólnego była najwyższa po zastosowaniu uproszczenia polegającego na wycofaniu nawożenia naturalnego. Warto zwrócić uwagę, że zastosowanie technologii polegającej na stosowanie różnej materii organicznej w miejsce nawozu naturalnego spowodowało istotny wzrost zawartości witaminy C ale również azotanów(V). Na kumulację w bulwach szkodliwych azotanów większy wpływ miał technologia uprawy z wykorzystaniem roślin strączkowych niż słomy. Wprowadzenie uproszczeń w ochronie plantacji nie różnicowało zawartości azotanów(V) w bulwach. Stosowanie użyźniacza glebowego UGmax podwyższało zawartość witaminy C i białka ogólnego a obniżało zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka badanej odmiany. Po sześciu miesiącach przechowywania nastąpił spadek zawartości azotanów(V) o 26% po zastosowaniu technologii z 50% ograniczeniem składników mineralnych oraz o 20% w doświadczeniu z ograniczoną ochroną chemiczną. Po przechowywaniu uległa również obniżeniu zawartość biopierwiastków (azotu, fosforu i potasu) odpowiednio o 4,9%, 12,4%, 13,1%. Uzyskane wyniki wykazały, że wprowadzanie nowych technologii kultywacji ziemniaka polegających na ograniczaniu zabiegów i stosowaniu substancji biostymulujących poprawia jakość tego surowca w zakresie wartości prozdrowotnej i bezpieczeństwa.

W kręgu mojego zainteresowania znalazły się również badania, których celem było zbadanie stosowania substancji biostymulujących w kultywacji marchwi odmiany tradycyjnej oraz długotrwałego przechowywania na zawartość w jej korzeniach makroelementów: Mg, P, Ca, N, Na i K a wyniki badań opublikowałam w artykule (5.24). Zastosowałam dwa biostymulatory: Kelpak SL (wyciąg z wodorostów zawierające fitohormony) oraz Asahi SL (mieszanina związków fenolowych). Korzeniach marchwi przechowywałam przez 6 miesięcy w komorach z kontrolowanymi warunkami (temp. + 1 ° C, Rh 95%). Stosowanie obu biostymulatorów zwiększa koncentrację N w korzeniach. Stosowanie Asahi SL nie miało wpływu na stężenie Mg, P, Ca i Na, ale zwiększyło zawartość K w korzeniach. Wpływ na zawartość makroelementów (Mg, P, Ca, Na i K) zależał od wariantów jego stosowania. Stężenie Mg, P, Na i K zwiększa się po jednorazowym zastosowaniu tego preparatu w niższej dawce, podczas gdy zawartość Ca wzrosła po zastosowaniu Kelpaka SL w dawce wyższej. Po przechowywaniu zawartość Mg, Na i K obniżyła się a stężenie P, Ca i N nie uległo zmianie. Wykazałam dodatnią korelację pomiędzy N a K pomiędzy N i Na, jak również między Na i K zarówno po zbiorze jak i po przechowywaniu.

Najtrudniejszym etapem w produkcji i gospodarce ziemniakiem jest przechowywanie, gdyż w okresie długotrwałego składowania w bulwach ziemniaka zachodzą zawsze niekorzystne procesy prowadzące do zmian ilościowych. Z badań własnych wynika (5.22), że na ubytki naturalne wpływ ma zarówno biofortyfikacja roślin azotem jak i potasem oraz magnezem. Największe ubytki świeżej masy na poziomie 8,9% wystąpiły po 6 miesiącach przechowywania surowca ziemniaczanego

pochodzącego z doświadczenia, gdzie stosowano biofortyfikacje roślin azotem. Po biofortyfikacji roślin magnezem ubytki naturalne po przechowywaniu były na poziomie 7,3%. Natomiast dla potasu straty wyniosły 6,4 %.

Tymianek pospolity (*Thymus vulgaris L.*) jest jedną z ważniejszych ziołowych roślin uprawianych w Polsce wykorzystywaną przez konsumentów w gastronomii (5.23). Wykazuje on właściwości dezynfekujące, wykrztuśne, przeciwutleniające oraz reguluje procesy trawienia. Przeprowadziłam badania nad wpływem biofortyfikacji roślin azotem na zawartość olejku eterycznego i składników mineralnych w tymianku. Aplikacja azotem w ilości 60 kg·ha<sup>-1</sup> była najkorzystniejsza dla zawartości badanych składników chemicznych. Stosowanie aplikacji azotu w ilości 90 kg·ha<sup>-1</sup> było ekonomicznie nieuzasadnione, gdyż nie powodowało zwiększenia ogólnej masy tymianku pospolitego jak również zawartości najbardziej pożądaných w jego składzie olejków eterycznych i składników mineralnych.

**d) Ocena jakościowa krochmalu oraz frytek z surowca ziemniaczanego uzyskanego technologią nawadnianiu i po zastosowaniu biostymulatora**

5.25 **Wszelaczyńska E**, Pobereżny J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Źarski J., Pawelzik E. 2015. Composition of starch and technological correct to language native English speaker. *Starch/Stärke*, 67(5-6): 478–492

W ramach współpracy z Uniwersytetem w Getyndze oraz Katedrą Melioracji i Agrometeorologii, UTP w m przeprowadziłam badania, których celem było określenie wpływu nawadniania i fertygacji azotem zastosowanych na tle użyźniacza glebowego (UGmax) oraz przechowywania na parametry jakościowe skrobi i frytek uzyskanych z bulw ziemniaka odmiany 'Courage' (5.25). Wielkość gałeczek skrobi ma istotne znaczenie w przypadku produkcji wyrobów uszlachetnionych. Aby uzyskać frytki dobrej jakości, należy produkować je z surowca zawierającego skrobię o wielkości ziarenek poniżej 60 µm. Stosowanie użyźniacza glebowego w badaniach własnych, wpłynęło pozytywnie na wzrost zawartości fosforu w skrobi oraz podnosiło udział gałeczek pożądaney dla produkcji frytek frakcji (20-40 µm). Wykazałam zależność między wielkością ziarenek skrobi a skłonnością do ciemnienia surowca przeznaczonego do produkcji frytek ( $r=0,737$ ,  $P_{0,01}$ ; i  $r=0,500$ ,  $P_{0,05}$ ). Nawadnianie, fertygacja, biofortyfikowanie oraz przechowywanie surowca powodowało wzrost skłonności do ciemnienia miąższu bulw, pogarszając jakość frytek. Należy jednak zaznaczyć, że istotny niekorzystny wpływ miała tylko fertygacji azotem. Inne cechy skrobi, które mają wpływ na jakość frytek to: kleikowanie krochmalu oraz jego stabilność po rozmrożeniu, które zależą w głównej mierze od zawartości amylozy i fosforu w skrobi i temperatury używanej podczas technologii produkcji wyrobów uszlachetnionych. Uzyskałam pozytywny wpływ zastosowanej technologii produkcji surowca ziemniaczanego na zawartość amylozy i fosforu w skrobi

ziemniaczanej odmiany 'Courage' Okazało się również, że biofortyfikacja roślin biostymulatorem UGmax w największym stopniu wpłynęła na wzrost zawartości fosforu w skrobi. Ponadto stwierdziłam istotnie dodatnią korelację między zawartością amylozy ( $r=0,811$ ,  $P_{0,01}$ ;  $r=0,629$ ,  $P_{0,01}$ ) oraz fosforu ( $r=0,774$ ,  $P_{0,01}$ ;  $r=0,516$ ,  $P_{0,05}$ ) a ogólną jakością frytek. Jakość frytek po zbiorze była najlepsza a przechowywanie obniżało ją o 4,3%.

e) *Ocena możliwości uprawy w różnych warunkach środowiskowych, zagranicznych i polskich odmian ziemniaka oraz pszenicy przeznaczonych do przetwórstwa.*

5.26 **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J., Żary-Sikorska E., Marecek J. 2013. Wpływ miejsca uprawy i przechowywania bulw na wybrane cechy kulinarne trzech odmian ziemniaka Inż. Ap. Chem. 52, nr 2: 68-70.

5.27 Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen A.J., **Wszelaczyńska E.**, Pobereżny J. 2014. Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii. Inż. Ap. Chem., 53, nr 2: 96-98.

Wstąpienie naszego kraju do Unii Europejskiej dało większe możliwości na wymiany sadzeniaków, materiału siewnego zbóż ich uprawy w innych krajach, niż w kraju pochodzenia. Dynamiczny rozwój przemysłu przetwórczego w Polsce oraz możliwości wynikające ze wieloletniej współpracy z Uniwersytetem w Getyndze (Niemcy), to czynniki, które były powodem mojego zainteresowania się możliwościami uprawy odmian ziemniaka przeznaczonych do konsumpcji i przetwórstwa w różnych warunkach środowiskowych. Czynniki środowiskowe sprawiają, że odmiana o dobrych właściwościach kulinarnych, uprawiana w jednym rejonie, może być nie przydatna do konsumpcji w innym ze względu na zmianę swoich cech organoleptycznych. Do badań wybrałam trzy odmiany ziemniaka z tej samej grupy wczesności: dwie polskie ('Lena' i 'Mors') i jedną niemiecką ('Satina') (5.26). Polskie odmiany charakteryzowały się przydatnością ogólnoużytkową, natomiast niemiecka przeznaczane jest tylko do bezpośredniej konsumpcji. Wyboru warunków środowiskowych dokonałam z uwzględnieniem możliwie najmniejszego zróżnicowania. Uzyskany w ten sposób surowiec poddałam ocenie wartości konsumpcyjnej w zakresie barwy mięszu i smakowitości. Oznaczyłam również zawartość cukrów ogółem traktując to jako ważny wyróżnik surowca przeznaczonego do fryturowania. Badane odmiany charakteryzowały się różną barwą mięszu surowego. Warunki środowiskowe istotnie różnicowały barwę mięszu bulw ugotowanych, zarówno bezpośrednio po zbiorach jak i po przechowywaniu na korzyść uprawy polskich odmian w Niemczech. Niemiecka odmiana 'Satina' charakteryzowała się stabilnością barwy po zbiorach jak i po przechowywaniu, niezależnie od warunków środowiskowych. Smakowitość bulw zmieniała się istotnie pod wpływem warunków środowiskowych. 'Satina' i 'Mors' uzyskały wyższą, choć nie

udowodnioną statystycznie ocenę za smakowitość po zbiorze w Polsce, natomiast 'Lena' miała istotnie lepszą smakowitość w Niemczech. Wyliczone współczynniki zmienności wskazują, że odmiana 'Lena' najbardziej reagowała na warunki środowiskowe. Koncentracja cukrów ogółem w pełni odpowiadała ustalonym normom wyznaczonym dla różnych kierunków użytkowania a warunki środowiskowe nie modyfikowały ich zawartości.

Natomiast w ramach współpracy z Katedrą Chemii Środowiska przeprowadziłam badania dotyczące wpływu środowiska na wielkość plonu ziarna oraz wybranych parametrów technologicznych ziarna i mąki (zawartość białka ogólnego, liczba opadania, zawartość mokrego glutenu, wskaźnik sedymentacji) 4 odmian brytyjski ('Alchemy', 'Ascot', 'Oakley', 'Solstice') i trzech odmian polskich ('Batuta', 'Bogatka', 'Muszelka') pszenicy ozimej (5.27). Liczba opadania jest ważnym parametrem technologicznym ziarna pszenicy i uzyskanej mąki, wpływającym na jej wartość wypiekową. Informuje o poziomie aktywności enzymów amylolitycznych w ziarnach zbóż. Wskaźnik sedymentacji jest miernikiem substancji białkowych tworzących duże cząsteczki decydujące o strukturze pieczywa. Im jego wartość jest wyższa, tym więcej w analizowanej mące znajduje się białek glutenowych, a zwłaszcza wysokocząsteczkowej gluteniny, co wpływa korzystnie na wartość wypiekową mąki. Natomiast jakość i ilość (rozpływalność) mokrego glutenu, to wyróżnik określający jakość kompleksu białkowego ziarna. Im lepsza jakość rozpływalność glutenu i wyższa jego ilość, tym ziarno jest lepszym surowcem do przetwórstwa na cele konsumpcyjne. Na podstawie wyników stwierdziłam, że wielkość plonu ziarna oraz wartości najważniejszych badanych cech technologicznych, zarówno brytyjskich i polskich odmian ziaren pszenicy były istotnie determinowane czynnikiem genetycznym. Istotnie najwyższym plonem ziarna, charakteryzowała się brytyjska odmiana 'Ascot', a najniższy uzyskano dla polskiej odmiany 'Bogatka'. Biorąc pod uwagę wartości parametrów technologicznych decydują o wartości wypiekowej (zawartość białka ogólnego, ilość mokrego glutenu, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania) najlepszą okazała się brytyjska odmiana 'Solstice' oraz polska odmiana 'Batuta'. Wyniki badań wskazują na duże możliwości wykorzystania odmian zagranicznych do uprawy w naszych warunkach środowiskowych.

#### *f) Ocena jakości żywienia dzieci w warunkach przedszkolnych*

5.28 Żary-Sikorska E., Keutgen A., **Wszelaczyńska E.**, Pobereźny J. 2015. Jakość żywienia dzieci w warunkach przedszkolnych w Polsce Północnej. Problemy kultury fizycznej i sportu. Tom 2.: 107-121.

Planując żywienie dzieci w wieku przedszkolnym, należy starać się wybierać takie produkty, które dostarczą organizmowi niezbędnych składników odżywczych dziecko powinno otrzymywać w przedszkolu 70-80% całodiennej racji pokarmowej. Dokonana przez mnie ocena jadłospisów w przedszkolach wykazała, wysokie przekroczenie spożycia przez dzieci białka (5.28). Badana

populacja dzieci spożywała białka, aż o 152,4% więcej w odniesieniu do zalecanego spożycia (RDI) dla grupy wiekowej 4-6 lat. Obciążenie diety białkiem jest szczególnie niebezpieczne dla nerek i stanowi zagrożenie dla ich prawidłowego funkcjonowania. Od normy zaleceń żywieniowych odbiegało również spożycie witamin, zwłaszcza witaminy D, oraz składników mineralnych głównie wapnia i żelaza. W przypadku ocenionych wszystkich jadłospisów przedszkolnych spożycie węglowodanów i błonnika przekraczało zalecaną normę odpowiednio o 63% i 12% co oznacza że jadłospisy przedszkolne są znacznie obciążone węglowodanami a przekroczenie normy spożycia pektyn jest dużo niższe. Jadłospisy oceniane metodą punktową za pomocą testu Starzyńskiej, uzyskały ocenę dostateczną i zawierały istotne błędy. Świadczy to, że wartość odżywcza jadłospisów wykazała znaczne nieprawidłowości. Istnieje konieczność szerszej kontroli placówek przedszkolnych.

## **6. Podsumowanie dorobku naukowego**

### **6.1. Publikacje**

Szczegółowy wykaz opublikowanych prac naukowych zawarty został w Załączniku nr 4. Przedstawiony w nim dorobek naukowy obejmuje 88 pozycje, w tym:

- 36 oryginalnych prac twórczych
- 2 rozdziałów w monografiach
- 30 komunikatów naukowych na konferencjach o zasięgu międzynarodowym
- 20 komunikatów naukowych na konferencjach krajowych

### **6.2. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze**

Szczegółowy wykaz pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych przedstawiony został w Załączniku nr 4. Obejmuje on między innymi udział w 15 projektach badawczych, 12 konferencjach międzynarodowych i 11 konferencjach krajowych. Kierowanie 2 projektami badawczymi (czas realizacji: 2012-2017), oraz wykonawstwo 13 projektów (lata 1994-2014). Wygłoszenie sześciu referatów na międzynarodowych i sześciu referatów na krajowych konferencjach naukowych (lata 1995, 2001-2014). Mój dorobek obejmuje również recenzowanie oryginalnych artykułów naukowych w czasopiśmie polskim (od 2013 r.). Za duże osiągnięcie uważam kierowanie projektem przyznany przez NCN (czas realizacji: 2013-2017) przy współudziale jako wykonawcy Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Warszawie. Byłam organizatorem a od 2009 roku jestem Kierownikiem laboratorium powstałego na bazie najnowocześniejszej aparatury badawczej - chromatografia ciśnieniowa - zakupionej ze środków grantu Regionalnego Centrum Innowacyjności. Na przestrzeni lat 2000-2005 odbyłam krótkoterminowe staże zagraniczne w ramach podpisanej współpracy międzynarodowej między Akademią Techniczno-Rolniczą w Bydgoszczy (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy) a Uniwersytetem Georga-Augusta w Getyndze (Niemcy). Wykonałam sześć ekspertyz na zamówienie a za szczególnie cenne mogę uznać ekspertyzę dla firm: Farm Frites

Poland S.A, dotyczącej badania składu chemicznego bulw ziemniaków w warunkach sterowanego przechowywania (2007 rok) oraz dla Norika Polska Sp z o. o. (2009 – 20014) dotyczącej określenia jakości różnych odmian sadzeniaka przechowywanego w kontrolowanych warunkach w zależności od kierunków użytkowania. Ponadto w ramach współpracy z przemysłem kierowałam projektem wykonanym dla firmy Marwit Sp. z o.o, który miał na celu „Ustalenie nowych parametrów technologicznych przechowywania korzeni spichrzowych marchwi imitującej warunki uprawy”. Wzięłam udział w 7 szkoleniach z zakresu komercjalizacji badań naukowych w praktyce, pozwalających na zwiększenie jakości współpracy B+R z przedsiębiorstwami (2012 i 2013 rok), zakładaniu i prowadzeniu firm spin-off oraz spin-out (Bydgoszcz, 2010). Ukończyłam roczny kurs z języka angielskiego, ukierunkowany na rozwój sprawności językowej w zakresie tematyki nauk przyrodniczych (2012 r.). Uczestniczyłam w 10 seminariach międzynarodowych, mających na celu poszerzenie mojej wiedzy na temat jakości żywności. W roku 2012 odbyłam staż produkcyjny w Spółce Norika Polska SA dotyczący przechowywania ziemniaków z przeznaczeniem na różne kierunki użytkowania. Od 1996 roku jestem Członkiem Towarzystwa Magnezologicznego (od 2015 w Zarządzie Bydgoskiego Oddziału) a od roku 2008 Członkiem Towarzystwa Technologów Żywności. Otrzymałam 7 indywidualnych nagród Rektora za wyróżniające się osiągnięcia zawodowe a w 2012 za dorobek naukowy otrzymałam roczny dodatek motywacyjny. W 2013 roku otrzymałam Złoty Medal za Długoletnią Służbę przyznany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej. Za ważne osiągnięcia w obecnym 2015 roku, uważam mój udział w projekcie - klastrze „*Spizarnia Kujawsko-Pomorska*” w charakterze doradcy w zakresie technologii produkcji żywności regionalnej dla firm konsolidujących swoje siły w celu promowania tych produktów, uczestnictwo w zespole Jury XXXIX edycji „*Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych*” uczniów szkół średnich w bloku *Żywnie Człowiek i Gospodarstwo Domowe* oraz udział w projekcie „Duży bon” finansowanego w ramach programu rozwoju współpracy rodzimego przemysłu z nauką, dotyczącego opracowania technologii produkcji ekologicznych napojów energetycznych na bazie miodu i naturalnych konserwantów.

### **Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego**

Liczba prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	<b>10</b>
Sumaryczny <i>impact factor</i> (2004-14) punkty MNiSW (2004-2014)	<b>3,450 i 100</b>
Liczba oryginalnych prac twórczych, prac przeglądowych, popularno-naukowych, rozdziałów w monografiach po doktoracie (razem ze stanowiącymi osiągnięcie naukowe)	<b>88</b>
Sumaryczny <i>impact factor</i> (2014) i punkty MNiSW (2014) dla wszystkich prac po doktoracie	<b>11,169 i 401</b>



Sumaryczny <i>impact factor</i> i punkty MNiSW dla wszystkich prac po doktoracie zgodny z rokiem opublikowania	<b>7,460 i 338</b>
Liczba cytowań publikacji według bazy <i>Web of Science</i>	<b>8</b>
Indeks Hirscha według bazy <i>Web of Science</i>	<b>1</b>

Wszelaczyńska Elżbieta