

Dr inż. Krystian Marszałek

Autoreferat

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im prof. Wacława Dąbrowskiego w
Warszawie

Warszawa, 14.02.2017

Spis treści:

1. Dane personalne	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.....	5
a. Tytuł osiągnięcia naukowego	5
b. Publikacje wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej	5
c. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	6
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.....	22
5.1. Działalność naukowa.....	22
5.2. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska	25
5.3. Działalność organizacyjna, w zespołach eksperckich, komitetach redakcyjnych i konsorcjach, recenzje projektów i publikacji naukowych.....	26
5.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia	27
5.5. Tabelaryczne zestawienie dorobku naukowego	28

1. Dane personalne

Imię i nazwisko: Krystian Marszałek

Miejsce pracy: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waława
Dąbrowskiego w Warszawie,

Ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 26.02.2008** Inżynier, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca inżynierska pt. „Naturalne substancje antyodżywcze owoców i warzyw” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Marty Mitek.
- 22.09.2009** Magister inżynier, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca magisterska pt. „Badania nad wpływem dodatku pektyn nisko- i wysokometylowanych na parametry jakościowe nektarów truskawkowych” wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Stanisława Kalisza.
- 24.02.2012** Studia podyplomowe: Menadżer badań naukowych i prac rozwojowych, Polska Fundacja Ośrodków Wspomagania Rozwoju Gospodarczego „OIC Poland” oraz Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie.
- 20.09.2013** Doktor inżynier nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca doktorska pt. „Zastosowanie niekonwencjonalnych metod utrwalania żywności (UHP i ogrzewania mikrofalowego) do produktów owocowych” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Marty Mitek.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

04.08.2008 – 31.10.2008

Stanowisko: **Stażysta**

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie

01.11.2008 – 28.02.2010

Stanowisko: **Technolog**

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie

31.03.2010 – 31.12.2010

Stanowisko: **Asystent**

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie

01.01.2011 – 2.10.2013

Stanowisko: **Asystent, kierownik Pracowni Technologicznej**

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie

3.10.2013 - obecnie

Stanowisko: **Adiunkt, kierownik Pracowni Technologicznej**

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r., poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.) jest jednotematyczny cykl siedmiu publikacji naukowych z lat 2015 – 2017.

a. Tytuł osiągnięcia naukowego

„Studia nad stabilnością wybranych składników biologicznie aktywnych oraz natywnych enzymów owoców i warzyw pod wpływem wysokich ciśnień”

b. Publikacje wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej

1. Marszałek K., Woźniak Ł., Skąpska S. (2016) Application of high pressure mild temperature processing for prolonging shelf-life of strawberry purée, *High Pressure Res.*, 36, 2, 220- 234. (20 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=1,014)
2. Marszałek K., Skąpska S., Woźniak Ł., Sokołowska B. (2015) Application of supercritical carbon dioxide for strawberry juice preservation. Microbial changes, enzyme activity and degradation kinetics of anthocyanins during storage, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 32, 101-109. (40 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,997)
3. Skąpska S., Marszałek K., Woźniak Ł., Zawada, K., Wawer, I. (2016) Aronia dietary drinks fortified with selected herbal extracts preserved by thermal pasteurization and high pressure carbon dioxide, *LWT- Food Sci. Technol.*, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.001. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₆=2,711)
4. Marszałek K., Kruszewski B., Woźniak Ł., Skąpska S. (2017) The application of supercritical carbon dioxide for the stabilization of native and commercial polyphenol oxidases and peroxidases in cloudy apple juice (cv. *Golden Delicious*), *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39, 42-48. (40 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,997)
5. Marszałek K., Krzyżanowska J., Woźniak Ł., Skąpska S. (2016) Kinetic modelling of tissue enzymes inactivation and degradation of pigments and polyphenols in cloudy carrot and celery juices under supercritical carbon dioxide, *J. Supercrit. Fluids*, 117, 26-32. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,579)
6. Marszałek K., Krzyżanowska J., Woźniak Ł., Skąpska S. (2016) Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin sterase, polygalacturonase and main pigments degradation in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment, *LWT- Food Sci. Technol.*, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.018. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,711)

7. Marszałek, K., Woźniak, Ł., Kruszewski, B., Skąpska, S. (2017) Effect of high pressure techniques on the stability of anthocyanins in fruits and vegetables, *Int. J. Mol. Sci.*, DOI: 10.3390/ijms18020277. (30 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=3,257)

Łączny Impact Factor (IF) dla siedmiu prac wynosi 18,266. Suma punktów według polskiej oceny czasopism MNiSW wynosi 235. Wartość IF oraz liczbę punktów podano zgodnie z rokiem publikacji lub zgodnie z ostatnią aktualną wartością.

Suma punktów według ujednoliconej oceny czasopism za lata 2013 – 2016 wynosi 250.

Praca 1 [wykaz I B, poz. 1] oraz 2 [wykaz I B, poz. 2] została wykonana w ramach projektu badawczego finansowanego ze środków na działalność statutową IBPRS [wykaz II E, poz. 6], praca 3 [wykaz I B, poz. 3] w ramach projektu PBS3/B8/24/2015 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju [wykaz II I, poz. 6], natomiast prace 4, 5, 6 i 7 [wykaz I B, poz. 4 – 7] zrealizowano w ramach projektu 2015/17/D/NZ9/02079 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki [wykaz II I, poz. 7] oraz projektu badawczego finansowanego ze środków na działalność statutową IBPRS [wykaz II E, poz. 8]. Udział Wnioskodawcy w realizacji poszczególnych projektów oraz powstaniu pracy przedstawiono w wykazie dorobku naukowego.

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

Skuteczne przedłużanie trwałości żywności jest obecnie niemal wymogiem cywilizacyjnym. Najczęściej stosowane metody związane są z zastosowaniem wysokich temperatur, przyczyniających się do utraty dużej części wartości żywieniowych lub stosowaniem konserwantów chemicznych, negatywnie postrzeganych przez konsumentów. Najnowsze badania koncentrują się na technikach atermalnych, tzn. takich, gdzie efekt utrwalenia można uzyskać nawet w temperaturze pokojowej. Techniki te wykorzystują czynniki fizyczne, jak np.: wysokie ciśnienie, kawitację, promieniowanie mikrofalowe lub jonizujące czy pulsujące pola elektryczne. Do praktyki przemysłowej na świecie najczęściej wprowadzane są jednak metody utrwalania żywności wysokim ciśnieniem. Najbardziej powszechną, stosowaną już w wielu krajach świata w skali przemysłowej, jest metoda utrwalania polegająca na zastosowaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (High Pressure Processing/Pasteurization – HPP, High Hydrostatic Pressure – HHP, Ultra High Pressure – UHP) w komorze ciśnieniowej wypełnionej cieczą. Druga, będąca jeszcze w fazie badań naukowych, metoda polega na działaniu wysokim ciśnieniem w atmosferze ditlenku węgla, w tym również w stanie nadkrytycznym (High Pressure Carbon Dioxide – HPCD, Super Critical Carbon Dioxide – SCCD, Dense Phase Carbon Dioxide – DPCD). W mojej ocenie najczęściej pojawiającymi się skrótami tych technik w literaturze światowej są HPP i HPCD, dlatego też w dalszej części autoreferatu one będą przeze mnie wykorzystywane.

Utrwalanie żywności metodą HPP jest stosunkowo młodą dziedziną przetwórstwa, gdyż pierwsze jego przemysłowe zastosowanie odnotowano w 1992 roku, kiedy Japończycy po raz pierwszy wyprodukowali dżemy i soki utrwalone wysokim ciśnieniem (Butz i wsp., 2003). Pierwsze próby utrwalania żywności tą techniką prowadzone były przez Berta H. Hite'a 95 lat przed jej przemysłowym wdrożeniem i polegały na utrwaleniu mleka, mięsa i soków owocowych ciśnieniem do 680 MPa (Hite, 1989). Od pierwszego komercyjnego zastosowania i sukcesu produktów utrwalonych ciśnieniowo, technika ta zyskała duże zainteresowanie na całym świecie, skłaniając przemysł do inwestycji. W 2008 roku na świecie pracowały już 124 urządzenia do przemysłowej produkcji żywności HPP a w 2011 roku było ich już ponad 250. Technika ta rozwinęła się przede wszystkim w Ameryce Północnej, gdzie funkcjonuje ponad 50% wszystkich linii do HHP. W Europie zainstalowanych jest aktualnie 25% światowej liczby urządzeń do ciśnieniowego utrwalania żywności a potentatem w tej dziedzinie jest Hiszpania, gdzie obecnie pracuje 15 przemysłowych instalacji, 40% wszystkich europejskich (Suarez – Jacobo i wsp., 2011). Technika HPP w przetwórstwie owocowo – warzywnym stosowana jest przede wszystkim do utrwalania napojów, soków, smoothies, sosów, przecierów, dżemów i galaretek (Barba, Esteve & Frigola, 2013, Lewicki, 1998, Marszałek i wsp., 2011, Marszałek, Mitek & Skąpska 2011).

W przeciwieństwie do techniki HPP technika HPCD nie znalazła jeszcze przemysłowego zastosowania do utrwalania żywności. HPCD w skali laboratoryjnej po raz pierwszy zastosowana była w 1951 roku przez amerykańskiego badacza Deana Frasera do inaktywacji komórek bakteryjnych (Damar & Balaban, 2006). Od tamtych czasów prace naukowe skupiały się głównie na wpływie tej techniki na różne drobnoustroje występujące w żywności oraz zmiany w jej składzie chemicznym (Bi i wsp., 2011, Chen i wsp., 2010, Garcia – Gonzales i wsp., 2007, Fabroni i wsp., 2010). Dytlenek węgla w stanie nadkrytycznym ($T > 31.1^{\circ}\text{C}$, $P > 7,38 \text{ MPa}$) charakteryzuje się bardzo niską gęstością ($3\text{-}7 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$) oraz zerowym napięciem powierzchniowym, dlatego z łatwością penetruje tkanki i wnika w głąb komórek, co poza wysokim ciśnieniem może stanowić dodatkowy czynnik inhibicyjny w stosunku do drobnoustrojów i natywnych enzymów tkankowych (Liu i wsp., 2008, Liu i wsp., 2010).

Specyficzną cechą działania wysokiego ciśnienia, wykorzystywaną w przetwórstwie żywności jest to, że działa ono destrukcyjnie na duże cząsteczki (polimery), np. białka, co umożliwia inaktywację enzymów, natomiast cząsteczki mniejsze takie jak: aminokwasy, witaminy czy substancje smakowo-zapachowe pozostają nienaruszone (Barba, Esteve & Frigola, 2013, Chefel & Dumay, 1997, Lewicki, 1998). Z powyższego faktu wynikają najistotniejsze cechy produktów utrwalanych wysokimi ciśnieniami: wysoka jakość sensoryczna oraz wysoka zawartość składników biologicznie aktywnych takich jak: witaminy, polifenole, karotenoidy, chlorofile czy betalainy, decydujące o zdolności do redukcji wolnych rodników w organizmie człowieka przy zachowaniu bezpieczeństwa mikrobiologicznego.

Wnioski płynące z mojej pracy doktorskiej skłoniły mnie do podjęcia dalszych badań nad technikami wysokociśnieniowymi w celu uzupełnienia brakującej wiedzy, m.in. na temat możliwości

obniżenia aktywności natywnych enzymów tkankowych wysokim ciśnieniem i ciśnieniem w połączeniu z dodatkowymi czynnikami o działaniu inhibicyjnym tj. ditlenkiem węgla.

Celem naukowym monotematycznego cyklu publikacji była ocena możliwości wykorzystania wysokich ciśnień: hydrostatycznych i w atmosferze ditlenku węgla do utrwalania produktów owocowych i warzywnych ze szczególnym uwzględnieniem możliwości obniżenia aktywności wybranych enzymów tkankowych przy jednoczesnym zachowaniu możliwie wysokiej zawartości składników biologicznie aktywnych.

Trwałość produktów spożywczych tzw. minimalnie przetworzonych a szczególnie owocowo – warzywnych zależy od dwóch głównych czynników: stabilności mikrobiologicznej decydującej o bezpieczeństwie i jakości produktu oraz stopnia aktywności natywnych enzymów tkankowych, przyczyniających się do szybkiej degradacji składników biologicznie aktywnych, zmian sensorycznych oraz enzymatycznego brązowienia podczas przetwórstwa i przechowywania. Udowodniono już, że zarówno technika HPP jak i HPCD jest skuteczna w inaktywacji drobnoustrojów w produktach owocowych i warzywnych (Chen i wsp., 2010, Damar & Balaban, 2006, Garcia – Gonzales i wsp., 2007, Heinz & Buckow, 2009, Marszałek, Woźniak & Skąpska, 2015, Marszałek, Mitek & Skąpska, 2015, Ogawa, Fukuisha & Fukumoto, 1992). Przyjmuje się, że formy wegetatywne bakterii są dość łatwo inaktywowane, już przy ciśnieniach rzędu 200 MPa, drożdże i pleśnie przy ciśnieniu ok. 400 MPa, natomiast do inaktywacji przetrwalników potrzeba już ciśnień znacznie wyższych, rzędu 600 – 800 MPa, często również w skojarzeniu z podwyższoną temperaturą (Margosh i wsp., 2004, Bayindirli i wsp., 2005, Reineke, Mathys & Knorr, 2011). Zakwaszenie środowiska ditlenkiem węgla w metodzie HPCD dodatkowo sprzyja inaktywacji wegetatywnych form drobnoustrojów. W przetworach owocowych zakażenia drobnoustrojami przetrwalnikującymi na ogół nie stanowią problemu ze względu na pH środowiska uniemożliwiające wzrost tego typu mikroflory (Skąpska i wsp., 2012, Seyderhelm i wsp. 1996).

Znacznie mniej doniesień naukowych istnieje na temat możliwości inaktywacji enzymów tkankowych w produktach owocowych i warzywnych, szczególnie wysokim ciśnieniem w atmosferze ditlenku węgla.

Głównymi grupami enzymów limitującymi trwałość tych produktów są polifenolooksydazy i peroksydazy należące do oksydoreduktaz oraz pektynoesterazy i poligalakturonazy należące do hydrolaz.

Polifenolooksydazy (PPO) to grupa enzymów odpowiedzialnych za reakcję brązowienia enzymatycznego. Katalizują one reakcje hydroksylacji monofenoli do *o*-difenoli oraz utleniania *o*-difenoli do *o*-chinonów. Powstałe żółte związki są wysoce niestabilne i w wyniku polimeryzacji i kondensacji z aminokwasami oraz białkami szybko tworzą makrocząsteczki, co w konsekwencji prowadzi do powstawania ciemnych, brązowych oraz rdzawych związków zwanych melaninami.

Negatywny wpływ PPO szczególnie ujawnia się podczas zbioru, przetwarzania i przechowywania żywności pochodzenia roślinnego, powodując niekorzystne zmiany w uszkodzonej tkance (Eisenmenager & Reyes-De-Corcuera, 2009).

Peroksydazy (POD) to grupa enzymów obecna w prawie wszystkich organizmach żywych. POD katalizuje reakcje utleniania wielu związków, również polifenoli, w obecności nadtlenu wodoru. Utlenianie polifenoli prowadzi do powstawania brunatnych produktów i wytrącania się ich w postaci osadów. Ze względu na bardzo niskie stężenia nadtlenu wodoru w komórkach żywych reakcje te nie są jednak jeszcze do końca wyjaśnione. Podejrzewa się, że istnieje synergizm pomiędzy PPO i POD, dzięki któremu nadtlenek wodoru wytwarzany w reakcjach utleniania związków fenolowych katalizowanych przez PPO wykorzystywany jest w reakcjach POD (Eisenmenager & Reyes-De-Corcuera, 2009).

Pektynoesteraza (PE) katalizuje reakcję deestryfikacji estrów kwasu poligalakturonowego uwalniając cząsteczki metanolu i pozostawiając ujemnie naładowane grupy karboksylowe. Reakcja ta prowadzi do spadku lepkości produktu i wzrostu zawartości pektyn niskometylowanych wytrącających się w sokach owocowych i warzywnych w postaci osadu (Eisenmenager & Reyes-De-Corcuera, 2009).

Poligalakturonaza (PG) katalizuje natomiast deestryfikowane przez PE łańcuchy poligalakturonowe (pektynowe) rozkładając wiązania $\alpha - 1,4 -$ glikozydowe. Proces depolimeryzacji prowadzi do spadku lepkości soków owocowych i warzywnych. Aktywność PG szczególnie widoczna jest w nieprawidłowo spasteryzowanych puree i przecierach owocowych, które w czasie przechowywania tracąc lepkość stają się bardziej płynne (Eisenmenager & Reyes-De-Corcuera, 2009).

W realizowanych przeze mnie w ramach pracy doktorskiej badaniach wykazałem, że trwałość mikrobiologiczna produktów owocowych (nektary, soki, puree truskawkowe) utrwalonych techniką HPP ciśnieniem do 500 MPa i przechowywanych chłodniczo wynosiła maksymalnie 3 miesiące. Stwierdziłem również, że główną przyczyną szybkiej utraty jakości utrwalonych produktów był częściowo aktywny system enzymatyczny pochodzący z surowca. Z uwagi na niepełną inaktywację enzymów oksydoredukcyjnych optymalny zaproponowany przeze mnie termin przydatności do spożycia puree truskawkowego został skrócony do 6 tygodni. W tym czasie jakość utrwalonego produktu znacznie przewyższała jakość produktu pasteryzowanego w sposób tradycyjny. Wyniki te udokumentowano w recenzowanych czasopismach naukowych z listy A i B MNiSW [wykaz II A, poz. 1, 4 i 9, II D, poz. 10 i 14]. Pracę tą realizowałem w ramach studiów doktoranckich realizowanych przy WNoŻ SGGW w ramach projektu promotorskiego o numerze N N312 252540 pt. „Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych oraz obróbki mikrofalowej do utrwalania produktów truskawkowych” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w latach 2011 – 2013 [wykaz II I, poz. 5].

Aktualne wyniki badań dotyczące inaktywacji enzymów tkankowych nie są ciągle jednoznaczne. Niektóre doniesienia sugerują, że techniki HPP i HPCD nie są skuteczne w obniżaniu aktywności enzymów tkankowych w owocach i warzywach (Damar & Balaban, 2006, Fachin i wsp., Garcia – Palazon i wsp., 2002, 2004, Weemaes i wsp., 1998) ale istnieją również te wskazujące, że skuteczność ta jest istotna (Anse i wsp., 1995, Balaban i wsp., 1991, Cano, Hernandez & Ancos, 1997, Fachin i wsp., 2003, Marszałek i wsp. 2015, Ortuño i wsp., 2013, Zhou i wsp., 2009). Dane literaturowe wskazują, że pełna inaktywacja enzymów techniką HPP możliwa jest dopiero przy ciśnieniach wyższych niż 900 MPa lub w wysokiej temperaturze, co ze względów ekonomicznych i żywieniowych jest niekorzystne (Chakraborty, Rao & Mishra, 2015, Seyderhelm i wsp., 1996).

Wyniki badań dotyczące techniki HPCD wskazują, że ciśnienia do 37 MPa, temperatura do 60 °C i czas trwania procesu 60 min mogą powodować obniżenie aktywności PPO i POD od 20% do nawet 100% w produktach z owoców i warzyw (Bi i wsp., 2011, Chen i wsp., Gui i wsp., 2007, 2010, Liu i wsp., 2012, Liu i wsp., 2008, Liu i wsp., 2010, Liu i wsp., 2013, Niu i wsp., 2010). Wyniki tych prac świadczą, że stopień inaktywacji badanych enzymów zależy nie tylko od parametrów procesu, ale również od rodzaju surowca. Według teorii o katalitycznych właściwościach enzymów o aktywności enzymu w głównej mierze decyduje wewnątrzkomórkowe pH. Działalność enzymów znacząco spada poza wartościami optymalnymi, dlatego obniżenie pH cytoplazmatycznego w komórce roślinnej, poprzez penetrację do niej ditlenku węgla, może prowadzić do zahamowania lub nawet inaktywacji tych enzymów.

Przemysłowe komory do utrwalania techniką HPP ze względów ekonomicznych nie pracują przy ciśnieniach wyższych niż 600 MPa. Wnioski płynące z dotychczasowych wyników prac innych badaczy skłoniły mnie do prowadzenia dalszych badań nad techniką HPP oraz poszukiwania nowych czynników o działaniu inhibicyjnym w stosunku do enzymów tkankowych. Pierwszym efektem tych prac było uzyskanie finansowania i kierowanie projektem badawczym finansowanym z działalności statutowej IBPRS pt. „Możliwości zastosowania nowoczesnych technik do utrwalania produktów owocowych” w latach 2013 – 2014 [wykaz II E, poz. 6]. Uzyskane wyniki przedstawiłem w pierwszej z objętych cyklem publikacji prac:

Marszałek K., Woźniak Ł., Skąpska S. (2016) Application of high pressure mild temperature processing for prolonging shelf-life of strawberry purée, *High Pressure Res.*, 36, 2, 220- 234. (20 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=1,014)

Wyniki te prezentowałem również na VI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw w Rogowie w 2013 roku [wykaz II K, poz. 11].

Celem pracy było określenie maksymalnego możliwego terminu przydatności do spożycia puree truskawkowego utrwalonego najwyższym stosowanym w przemyśle ciśnieniem 600 MPa w połączeniu z łagodnym ogrzewaniem do temperatury 50 °C.

W pracy opisałem wpływ wysokości ciśnienia w połączeniu z łagodnym ogrzewaniem na stabilność mikrobiologiczną i enzymatyczną puree truskawkowego oraz zmiany barwy, zawartość

cukrów, barwników antocyjanowych i witaminy C podczas długotrwałego przechowywania utrwalonego w ten sposób puree w warunkach chłodniczych. W oparciu o parametry barwy obliczyłem bezwzględną różnicę barwy, nasycenie, odcień i indeks brązowienia – współczynniki dające pełny obraz zmian barwy produktów podczas przechowywania. W pracy tej po raz pierwszy wykazałem, że podniesienie ciśnienia z 300 MPa do 600 MPa może wydłużyć termin przydatności do spożycia z 4 aż do 28 tygodni. Dodatkowo wykazałem wyższą oporność na działanie ciśnienia enzymów hydrolizujących nad oksydoredukcyjnymi. Aktywność POD, PE i PG malała wraz z wzrostem ciśnienia procesu natomiast aktywność PPO była odwrotnie proporcjonalna do stosowanego ciśnienia. Wyniki te potwierdziły hipotezę, że stopień inaktywacji konkretnych grup enzymów pod wpływem wysokiego ciśnienia zależy w dużej mierze od rodzaju surowca i warunków procesu. W badaniach nie odnotowano istotnego wpływu ciśnienia na profil cukrów obecnych w truskawkach poza hydrolizą sacharozy do cukrów prostych wywołaną niskim pH produktu. Zawartość witaminy C oraz barwników antocyjanowych obniżyła się odpowiednio o 37% i 20% a zmiana barwy produktu po procesie była niezauważalna dla przeciętnego obserwatora, o czym świadczyła niska wartość bezwzględnej różnicy barwy. Długotrwałe przechowywanie przyczyniło się do gwałtownej degradacji witaminy C, której półokres rozpadu obliczono na ok. 5 dni, natomiast półokres rozpadu antocyjanów był ok. 14 razy dłuższy. Wartość bezwzględnej różnicy barwy pod koniec okresu przechowywania wynosiła aż 7, co świadczy o istotnej zmianie barwy, której przyczyną była prawdopodobnie reszkowa aktywność enzymów tkankowych pochodzących z surowca.

W pracy tej potwierdziłem hipotezę, że tradycyjna technika oparta na wysokich ciśnieniach do 600 MPa nie jest skuteczna w pełnej inaktywacji natywnych enzymów tkankowych. Jakość produktu utrwalonego tą techniką bezpośrednio po procesie jest wysoka i nieporównywalna do produktu pasteryzowanego w sposób tradycyjny ale podczas przechowywania zachodzą daleko idące zmiany o charakterze biochemicznym, wpływające na pogorszenie jakości. W związku z tym, że przemysłowe urządzenia działają przy ciśnieniach nie przekraczających 600 MPa wyniki tej pracy skłoniły mnie bardziej do poszukiwania nowych rozwiązań bazujących na technice wysokich ciśnień w celu uzyskania jeszcze wyższego stopnia inaktywacji enzymów tkankowych niż do testowania tej samej techniki przy wartościach ciśnienia wyższych niż 600 MPa.

Poszukiwania nowych czynników o działaniu inhibicyjnym w stosunku do enzymów tkankowych skupiły moją uwagę na metodzie wysokich ciśnień w atmosferze ditlenku węgla.

Przegląd literatury dotyczącej tej tematyki sprawił, że podjąłem badania w tym kierunku a pierwsze wyniki opisałem w publikacji:

Marszałek K., Skąpska S., Woźniak Ł., Sokółowska B. (2015) Application of supercritical carbon dioxide for strawberry juice preservation. Microbial changes, enzyme activity and degradation kinetics of anthocyanins during storage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 32, 101-109. (40 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,997)

Wyniki te prezentowałem również na 19th Conference of young researchers section of Polish Society of Food Technologists, 3th International Conference w Warszawie, VII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw w Olsztynie i 8th International Conference of High Pressure Bioscience and Biotechnology w Nantes (Francja) w 2014 roku oraz na VIII Ogólnopolskiej Konferencji Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw w Poznaniu w 2015 roku [wykaz II K, poz. 14, 15 oraz III B, poz. 11 – 12].

Celem pracy było zbadanie możliwości wykorzystania ditlenku węgla pod wysokim ciśnieniem przy różnych parametrach procesu do utrwalania soku truskawkowego oraz zbadanie zmian zawartości cukrów, witaminy C i barwników antocyjanowych oraz barwy podczas chłodniczego przechowywania. Według najlepszej wiedzy autorów w badaniach tych po raz pierwszy zastosowano technikę HPCD przy ciśnieniu powyżej 50 MPa do utrwalania soku owocowego i określenia jego jakości w tak szerokim zakresie, tj. jakości mikrobiologicznej, składu chemicznego oraz profilu aktywności enzymów.

W niniejszej pracy udowodniłem, że skuteczność inaktywacji enzymów tkankowych metodą HPCD jest wyższa, przy minimum 10 krotnie niższych wartościach ciśnienia w porównaniu do metody HPP. Przyczyną takiej skuteczności może być zakwaszenie środowiska (cytoplazmy komórki) podczas procesu, wywołana aplikacją gazu. Ditlenek węgla w stanie nadkrytycznym w połączeniu z podwyższonym ciśnieniem może wpływać na struktury białkowe, m.in. centra aktywne enzymów.

W pracy wykazałem również, że zarówno ciśnienie, temperatura jak i czas trwania procesu miały istotny wpływ na stopień inaktywacji enzymów oksydoredukcyjnych w soku truskawkowym a maksymalny termin przydatności do spożycia oszacowany na podstawie jakości mikrobiologicznej wynosił 12 tygodni. W optymalnych parametrach procesu odnotowałem pełną inaktywację PPO oraz 85% obniżenie aktywności POD, hydrolizę sacharozy do cukrów prostych oraz 30% utratę witaminy C, podczas gdy zawartość barwników antocyjanowych i barwa pozostała na niezmiennym poziomie. Barwniki antocyjanowe w sokach utrwalonych niższym ciśnieniem ulegały szybszej degradacji podczas chłodniczego przechowywania w porównaniu do tych utrwalonych wyższym ciśnieniem. Zjawisko to korelowało z wyższą aktywnością peroksydaz w sokach łagodniej traktowanych ciśnieniem. Półokres rozpadu barwników antocyjanowych był o ok. 50% dłuższy w porównaniu z techniką HPP, ale różnice te mogły wynikać z różnej technologii produkcji puree i soku oraz wyjściowej aktywności enzymów obecnych w surowcu. Sok truskawkowy zawiera znacznie mniej innych, poza antocyjanami, składników fenolowych, mogących działać ochronnie w stosunku do tych barwników.

Pod koniec dwunastego tygodnia przechowywania wartość bezwzględnej różnicy barwy nie przekraczała wartości 1,5, co świadczy o niewielkich zmianach barwy przechowywanych soków. Ostatecznie, w celu zachowania najwyższej jakości produktu, zalecany termin przydatności do spożycia dla soku truskawkowego utrwalonego techniką HPCD określono na ok. 3 tygodnie.

W 2015 roku, jako główny wykonawca i współautor, rozpocząłem prace nad realizacją grantu uzyskanego w ramach Programu Badań Stosowanych o numerze PBS3/B8/24/2015 pt. „Opracowanie innowacyjnych produktów owocowych o wysokim potencjalnie prozdrowotnym, przeznaczonych szczególnie dla osób o specyficznych potrzebach żywieniowych”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju [wykaz II I, poz. 6]. W pracy tej szczególny nacisk położony został na wykorzystanie cennych żywieniowo krajowych owoców bogatych w antyoksydanty do projektowania innowacyjnych napojów, żelków i deserów o możliwie wysokiej zawartości soku owocowego. Pierwsze wyniki dotyczące dietetycznych napojów owocowych utrwalonych technika HPCD przedstawiono w pracy:

Skąpska S., Marszałek K., Woźniak Ł., Zawada, K., Wawer, I. (2016) Aronia dietary drinks fortified with selected herbal extracts preserved by thermal pasteurization and high pressure carbon dioxide, *LWT- Food Sci. Technol.*, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.001. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,711)

Wyniki tej pracy prezentowane były również na 2nd Euro-Mediterranean Symposium of Fruit and Vegetable Processing w Avignone (Francja) w 2016 roku [wykaz III Q, poz. 17].

Celem pracy było zaprojektowanie innowacyjnych słodzonych stewią napojów owocowych na bazie soku z aronii, wzbogaconych w wybrane ekstrakty roślinne oraz zbadanie możliwości zachowania wysokich wartości żywieniowych i pojemności przeciwutleniającej otrzymanych napojów po pasteryzacji termicznej i działaniu HPCD.

W ramach pracy opracowałem optymalną pod względem sensorycznym recepturę prozdrowotnych napojów na bazie aronii wzbogaconych w ekstrakty roślinne z czystka (*Cistus incanus*), zielonej herbaty (*Camellia sinensis*) i pokrzywy (*Urtica dioica*), w wersji tradycyjnej słodzonej sacharozą oraz dietetycznej słodzonej ekstraktem ze stewii z obniżoną o 30% wartością energetyczną. Opracowane napoje analizowano pod kątem zawartości barwników antocyjanowych i polifenoli. Przy współpracy z Warszawskim Uniwersytetem Medycznym określono ich pojemność przeciwutleniającą (testami z ABTS, DPPH i ORAC). Stwierdzono wyższą pojemność przeciwutleniającą napojów wzbogaconych w wybrane ekstrakty roślinne w stosunku do próbki kontrolnej. Podczas analizy wyników odkryłem synergiczny efekt pomiędzy antyoksydantami wprowadzonymi z ekstraktami z ziół a obecnymi w soku: wzrost pojemności przeciwutleniającej mierzonej testem ORAC był o 20% (w wersji tradycyjnej napoju) i 16% (w wersji dietetycznej) wyższy w stosunku do wartości wynikającej z sumy pojemności przeciwutleniającej komponentów. Ponadto testy z ABTS i DPPH wykazały wyższą pojemność przeciwutleniającą napojów w wersji tradycyjnej w stosunku do dietetycznej, co może świadczyć o wpływie sacharozy na wynik pomiaru aktywności mierzonej tymi testami. Zawartość antocyjanów w napojach utrwalonych techniką HPCD przy ciśnieniu 65 MPa w temperaturze 55 °C przez 30 minut była 2 – 3 krotnie wyższa niż w napojach pasteryzowanych tradycyjnie w temperaturze 85 °C przez 6 minut. Zawartość polifenoli i wartość

pojemności przeciwutleniającej nie zależała natomiast od stosowanej metody utrwalania. Brak wpływu wysokich ciśnień na utrzymanie wysokiej pojemności przeciwutleniającej w produktach owocowych wykazałem już we wcześniejszej mojej pracy (Marszałek & Mitek, 2012). Powyższe wyniki świadczą również o stabilizującym wpływie sacharozy na barwniki antocyjanowe obecne w napojach, co również potwierdziło dotychczasowe doniesienia naukowe (Chakraborty i wsp., 2015).

W 2016 roku, zakończyłem realizację projektu badawczego finansowanego ze środków na działalność statutową IBPRS pt. „Zastosowanie wysokich ciśnień do inaktywacji wybranych roślinnych enzymów tkankowych”, którego byłem kierownikiem [wykaz II E, poz. 8]. W ramach projektu dostosowałem metodologię obliczania najważniejszych parametrów kinetyki inaktywacji enzymów tkankowych. W tym samym roku rozpocząłem również realizację projektu w ramach programu SONATA 9 o numerze 2015/17/D/NZ9/02079 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki pt. „Badanie kinetyki inaktywacji enzymów roślinnych z grupy oksydoreduktaz przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym i wysokich ciśnień hydrostatycznych” [wykaz II I, poz. 7]. W ramach projektu stworzyłem pełnoetatowe miejsce pracy w Pracowni Technologicznej Zakładu Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych IBPRS. Efektem tych prac było powstanie kolejnych czterech publikacji ujętych w cyklu.

Marszałek K., Kruszewski B., Woźniak Ł., Skąpska S. (2017) The application of supercritical carbon dioxide for the stabilization of native and commercial polyphenol oxidases and peroxidases in cloudy apple juice (cv. Golden Delicious), *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39, 42-48. (40 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,997)

Celem pracy było zbadanie wpływu techniki HPCD na parametry kinetyki inaktywacji natywnych enzymów obecnych w soku jabłkowym oraz komercyjnie dostępnych polifenolooksydaz i peroksydaz. Według mojej najlepszej wiedzy w pracy tej po raz pierwszy obliczono i opisano parametry kinetyki inaktywacji badanych enzymów pod wpływem techniki HPCD.

Zarówno inaktywacja drobnoustrojów jak i enzymów najczęściej przebiega zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu: $A = A_0 \exp(-kt)$, gdzie A jest aktywnością enzymu, A_0 jest początkową aktywnością enzymu a k jest stałą szybkości reakcji. W przetwórstwie żywności kinetyka reakcji pierwszego rzędu często opisywana jest parametrem D -value. Wartość D zależy od rodzaju enzymu, temperatury, rodzaju środowiska i metody inaktywacji. D jest to czas potrzebny do 90% redukcji aktywności enzymu przy stałej temperaturze i ciśnieniu. Wartość ta może być wyrażona jako $\log\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\frac{t}{D}$. Drugi istotny parametr w badaniu kinetyki reakcji to parametr z -value, czyli wzrost temperatury lub ciśnienia potrzebny do 10 – krotnej redukcji parametru D , obliczany na podstawie zależności: $\log D_T = \log D_{T_{ref}} - \frac{T - T_{ref}}{z}$ lub $\log D_P = \log D_{P_{ref}} - \frac{P - P_{ref}}{z}$, gdzie D ustalane jest na podstawie temperatury T_{ref} bądź ciśnienia P_{ref} odniesienia. Im wyższe są wartości D i z , tym

ciepłooporność / barooporność enzymu jest większa. Stałe szybkości reakcji inaktywacji enzymów w zależności od temperatury i ciśnienia można obliczyć w oparciu o wzór Arrheniusa $\ln(k) = \ln(k_{ref}) - \frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)$ oraz Eyringa $\ln(k) = \ln(k_{pref}) - \frac{V_A}{RT} (P - P_{ref})$, gdzie E_A to energia aktywacji, R to stała gazowa, T i T_{ref} to temperatura eksperymentalne i odniesienia, P i P_{ref} to ciśnienie eksperymentalne i odniesienia, V_A objętość aktywacyjna, k i k_{ref} to stałe szybkości inaktywacji odpowiednio w P i P_{ref} (Rayan i wsp., 2011, Virkam, Ramesh & Prapulla, 2005).

Istnieją doniesienia wykorzystujące powyższe zależności do badania przebiegu kinetyki degradacji składników żywności, np. enzymów lub witamin, poprzez ogrzewanie tradycyjne a nawet techniką HPP (Chakraborty i wsp., 2015, Chakraborty, Rao & Mishra, 2015). W przypadku metody HPCD do tej pory nie obliczono wartości podanych parametrów dla wybranych enzymów, zarówno w funkcji temperatury jak i ciśnienia.

W pracy tej udowodniłem, że wzrost temperatury oraz ciśnienia w procesie HPCD przyczyniły się do wzrostu wartości k -value oraz obniżenia D -value dla obu badanych rodzajów enzymów. Niższe wartości badanych parametrów (D -value, z_T i z_P) odnotowano dla natywnych enzymów pochodzących z soku jabłkowego w porównaniu do enzymów komercyjnie dostępnych. Ponadto POD okazało się być bardziej termo- i barostabilne w porównaniu do PPO. E_a obniżała się wraz ze wzrostem ciśnienia podczas, gdy V_A rosła wraz ze wzrostem temperatury procesu (wyjątek stanowiły natywne PPO). W efekcie w tej pracy udowodniłem wcześniej postawioną tezę, że kinetyka inaktywacji PPO i POD zależy nie tylko od parametrów procesu ale również od źródła pochodzenia enzymów.

Uzyskane wyniki badań skłoniły mnie następnie do sprawdzenia możliwości obniżania aktywności enzymów oksydoredukcyjnych i hydrolizujących w sokach warzywnych, których naturalne pH jest znacznie wyższe w porównaniu do soków owocowych, a co za tym idzie stabilność enzymów może być inna. Zgodnie z opisaną wcześniej teorią o katalitycznych właściwościach enzymów, silne chwilowe obniżenie pH środowiska (podczas procesu HPCD) może wpływać na skuteczność ich inaktywacji co sugeruje, że metoda ta może działać inhibicyjnie w stosunku do enzymów. Kolejne z prezentowanego cyklu publikacji były dwie prace dotyczące możliwości inaktywacji natywnych enzymów w sokach warzywnych:

Marszałek K., Krzyżanowska J., Woźniak Ł., Skąpska S. (2016) Kinetic modelling of tissue enzymes inactivation and degradation of pigments and polyphenols in cloudy carrot and celery juices under supercritical carbon dioxide, *J. Supercrit. Fluids*, 117, 26-32. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,579)

Marszałek K., Krzyżanowska J., Woźniak Ł., Skąpska S. (2017). Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin sterase, polygalacturonase and main pigments degradation in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment, *LWT- Food Sci. Technol.*, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.018. (35 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=2,711)

Wyniki tych prac były ponadto prezentowane na 2nd Euro-Mediterranean symposium of Fruit and Vegetable Processing w Avignone (Francja) oraz IX Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw w Lublinie w 2016 roku [wykaz III B, poz. 13 oraz II K, poz. 19].

Celem obu prac było zbadanie możliwości inaktywacji natywnych oksydoredukcyjnych i hydrolizujących enzymów tkankowych obecnych w sokach z marchwi, selera naciowego oraz buraków ćwikłowych. W pracy obliczono wybrane parametry kinetyki inaktywacji enzymów zgodnie z teorią opisaną wcześniej oraz określono stabilność głównych barwników i polifenoli obecnych w warzywach. Zgodnie z moją najlepszą wiedzą prace tego typu prowadzone w sokach z selera i buraków ćwikłowych poddanych działaniu HPCD były prowadzone po raz pierwszy w opisanym zakresie.

W badaniach tych potwierdziłem wcześniejsze przypuszczenia, że kinetyka inaktywacji enzymów zależy od rodzaju surowca oraz parametrów prowadzonego procesu a w szczególności od temperatury. Tradycyjny proces termicznej pasteryzacji jest skuteczniejszy w inaktywacji wszystkich badanych enzymów w soku z selera i buraków ćwikłowych. W przypadku soku marchwiowego wyższą skuteczność termicznej inaktywacji wykazano w stosunku do POD i PG, natomiast aktywność PPO i PE łatwiej ulegała obniżeniu pod wpływem techniki HPCD. Obliczony czas dziesięciokrotnej redukcji (*D-value*) dla badanych enzymów wynosił od 200 do 1645 minut w zależności od rodzaju enzymu i soku. Wyniki te świadczą o niskiej skuteczności inaktywacji natywnych enzymów metodą HPCD w badanych sokach warzywnych w porównaniu do opisanych wcześniej możliwości inaktywacji enzymów tą metodą w produktach owocowych. Różnice te mogą wynikać ze znacznie wyższej wyjściowej aktywności enzymów, szczególnie oksydoredukcyjnych, w warzywach w porównaniu do tych obecnych w owocach. Powyższe badania wykazały również, że karotenoidy w soku marchwiowym oraz polifenole w soku z selera wykazują stabilność w atmosferze ditlenku węgla pod wysokim ciśnieniem, podczas gdy chlorofile w soku z selera, betalainy w soku z buraków oraz polifenole w soku z buraków i marchwi ulegają degradacji odpowiednio o ok. 20% i 50% oraz 30% i 45% w najwyższych z zastosowanych parametrach procesu tj. 60 MPa, 55 °C, 30 minut. Ponadto stwierdzono wyższą o ok. 25% stabilność betaksantyn niż betacyjanin poddanych działaniu techniki HPCD.

Wyniki te potwierdzają przypuszczenia innych autorów na temat niewyjaśnionego jeszcze działania tzw. mechanizmu samoobrony komórek warzywnych w odpowiedzi na różne czynniki biologiczne i fizyczne (Spilimbergo i wsp., 2013).

Ostatnia z prezentowanego cyklu publikacji jest pracą przeglądową mającą na celu usystematyzowanie wiedzy na temat wpływu technik opartych na działaniu wysokim ciśnieniem na jakość produktów owocowych i warzywnych:

Marszałek, K., Woźniak, Ł., Kruszewski, B., Skąpska, S. (2017) Effect of high pressure techniques on the stability of anthocyanins in fruits and vegetables, *Int. J. Mol. Sci.*, DOI: 10.3390/ijms18020277. (30 pkt MNiSW, IF₂₀₁₅=3,257)

Celem pracy było posumowanie oraz krytyczna ocena wiedzy na temat wpływu wysokich ciśnień na stabilność związków polifenolowych, głównie antocyjanów, w produktach roślinnych.

W pracy tej szczególny nacisk położyłem na ocenę wpływu wysokich ciśnień: hydrostatycznych, w atmosferze ditlenku węgla oraz homogenizacji, na zawartość antocyjanów w różnych produktach pochodzenia roślinnego oraz kinetykę i mechanizm ich degradacji, w tym reakcji enzymatycznych. W pracy dokonano przeglądu literatury dotyczącej możliwości obniżenia aktywności enzymów tkankowych odpowiedzialnych za degradację antocyjanów, omówiono zmiany zawartości antocyjanów podczas procesów opartych na działaniu wysokich ciśnień jak również podczas przechowywania produktów utrwalanych ciśnieniem oraz zaproponowano i omówiono możliwy mechanizm reakcji enzymatycznych odpowiedzialnych za degradację barwników antocyjanowych i w efekcie pogorszenie jakości produktu końcowego.

W związku z tym, że antocyjany są jedną z najbardziej niestabilnych grup związków należącą do polifenoli i ulegają one różnego rodzaju przemianom, np. kopigmentacji pod wpływem wysokich ciśnień i wysokich ciśnień w połączeniu z podwyższoną temperaturą, należy się z nimi łagodnie obchodzić podczas różnych procesów technologicznych. Barwniki te odpowiedzialne są za jedną z najistotniejszych cech ocenianych przez konsumentów – barwę a ponadto ich spożywanie jest uzasadnione ze względów żywieniowych. Wykazują one pozytywny wpływ na wzrok, skórę, układ krążenia, a także działają ochronnie na układ nerwowy i mają właściwości przeciwnowotworowe oraz przeciwcukrzycowe (Wrolstad, Durst & Jungmin, 2005, Verbeyst i wsp., 2010). Tradycyjna obróbka termiczna przyczynia się do degradacji barwników antocyjanowych, co zostało potwierdzone już w wielu pracach (Chakraborty, Rao & Mishra, 2015, Marszałek, Mitek & Skąpska, 2015, Marszałek & Mitek, 2012, Verbeyst i wsp., 2010). Działanie wysokim ciśnieniem, również w połączeniu z bardzo łagodnym ogrzewaniem, wydaje się być skuteczną techniką ochrony tych cennych składników żywieniowych, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa produktu. Niestety, szczątkowa aktywność enzymów tkankowych, głównie oksydoredukcyjnych, w wyniku wieloetapowych reakcji chemicznych działa destrukcyjnie na te barwniki podczas przechowywania dlatego też naukowcy wciąż poszukują metod utrwalania produktów zawierających antocyjany w celu poprawy stabilności tych barwników.

Za najważniejsze osiągnięcia przedstawionych w cyklu publikacji uważam:

1. Wykazanie, że inaktywacja natywnych enzymów tkankowych techniką HPP i HPCD jest trudniejsza do osiągnięcia niż inaktywacja natywnych drobnoustrojów.

2. Opracowanie optymalnych parametrów procesu utrwalania technikami HPP i HPCD wybranych produktów owocowych i warzywnych oraz określenie maksymalnego – ustalonego na podstawie jakości mikrobiologicznej oraz optymalnego – ustalonego na podstawie zmian jakości fizykochemicznej, terminu przydatności do spożycia.
3. Wykazanie, że istnieje możliwość skuteczniejszej inaktywacji natywnych enzymów tkankowych techniką HPCD przy zastosowaniu co najmniej 10 – krotnie niższych wartości ciśnienia w porównaniu do techniki HPP.
4. Potwierdzenie, że możliwość inaktywacji enzymów tkankowych zależy głównie od źródła pochodzenia, pH środowiska i parametrów procesu utrwalania.
5. Uzupełnienie dotychczasowej wiedzy na temat wyższej stabilności wybranych związków biologicznie aktywnych poddanych działaniu wysokich ciśnień w stosunku do tradycyjnej pasteryzacji termicznej.

Literatura:

- 1) Anse, M., Nicoli, M.c., Dallaglio & Lerci, C. R. (1995) Effect of high pressure treatment on peroxidase and polyphenoloxidase activities. *J. Food Biochem.*, 18, 285- 293.
- 2) Balaban, M. O., Arreola, A. G., Marshall, M., Peplow, A., Wei, C. I. & Cornell, J. (1991) Inactivation of pectinesterase in orange juice by supercritical carbon dioxide. *J. Food Sci.*, 56, 3, 743-746.
- 3) Bayindirli, A., Alpas, H., Bozoglu, F. & Hizal, M. (2005) Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices, *Food Control*, 17, 1, 52-58.
- 4) Bi, X., Wu, J., Zhang, Y., Xu, Z. & Liao, X. (2011) High pressure carbon dioxide treatment for fresh-cut carrot slices, *Innov. Food Sci. Emerg.*, 12, 298- 304.
- 5) Butz, P., Garcia, F., Lindauer, R., Dietrich, S., Bogner, A. & Tauscher B. (2003) Influence of ultra-high pressure processing on fruit and vegetable products, *J. Food Eng.*, 56, 233-236.
- 6) Cano, M. P., Hernandez, A., Ancos, B. (1997) High pressure and thermal effects on enzyme inactivation in strawberry and orange products. *J. Food Sci.*, 62, 1, 85- 88.
- 7) Chakraborty, S., Baier, D., Knorr, D. & Mishra, H. N. (2015) High pressure inactivation of polygalacturonase, pectinmethylesterase and polyphenoloxidase in strawberry puree mixed with sugar. *Food Bioprod. Proc.*, 95, 281-291.
- 8) Chakraborty, S., Rao P. S. & Mishra, H. N. (2015) Kinetic modeling of polyphenoloxidase and peroxidase inactivation in pineapple (*Ananas comosus* L.) puree during high-pressure and thermal treatments. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 27, 57-68.
- 9) Chefel, J. C. & Dumay, E. (1997) On the role of water in foods, Wyd. D.S. Reid, Chapman, New York.

- 10) Chen, J. I., Zhang, J., Song, L., Jiang, Y., Wu, J., Hu, X. S. (2010) Changes in microorganism, enzyme, aroma of hami melon (*Cucumis melo* L.) juice treated with dense phase carbon dioxide and stored at 4 °C. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 11, 623-629.
- 11) Damar, S. & Balaban, M. O. (2006) Review of dense phase CO₂ technology: Microbial and enzyme inactivation, and effects on food quality. *J. Food Sci.*, 71(1), R1-R11.
- 12) Eisenmenger, M. J. & Reyes-De-Corcuera, J. I. (2009) High pressure enhancement of enzymes: A review. *Enzyme Microb. Technol.*, 45, 331- 347.
- 13) Fabroni, S., Amenta, M., Timpanaro, N. & Rapisarda, P. (2010) Supercritical carbon dioxide-treated blood orange juice as a new product in the fresh fruit juice market. *Enzyme and Microbial Technol.*, 11, 477- 484.
- 14) Fachin, D., Van Loey, A., Indrawati, L., Ludikhuyze, L. & Hendrickx, M. (2002) Thermal and high-pressure inactivation of tomato polygalacturonase: a kinetic study. *J. Food Sci.*, 67, 1610- 1615.
- 15) Garcia-Gonzales, L., Geeraerd, A. H., Spilimbergo, S., Elst, K., Van Ginneken, L., Debevere, J., Van Impe, J. F. & Devlignere F. (2007) High pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods: The past, the present and the future. *Int. J. Food Microbiol.*, 117, 1- 28.
- 16) Garcia-Palazon, A., Suthanthangjai, W., Kajda, P. & Zabetakis I. (2004) The effects of high pressure on β -glucosidase, peroxidase and polyphenoloxidase in red raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria x ananasa*), *Food Chem.*, 88, 7- 10.
- 17) Gui, F., Wu, J., Chen, F., Liao, X., Hu, X., Zhang, Z., Wang, Z. (2007) Inactivation of polyphenol oxidases in cloudy apple juice exposed to supercritical carbon dioxide. *Food Chem.*, 100, 1678-1685.
- 18) Heinz, V. & Buckow R. (2009) Food preservation by high pressure, *J. Verbrauchersch. Lebensmittels.*, 10, 1007, 3–9.
- 19) Hite B.H. (1989) The effect of pressure in the preservation of milk, *Bulletin 58, A preliminary report*, West Virginia, Agricultural Experiment Station, 14- 36.
- 20) Lewicki, P. P. (1998) Tendencje w rozwoju technologii żywności, *Przem. Spoż.*, 52, 33- 35.
- 21) Liu, Y., Hu, X., Zhao, X., Song, H. (2013) Combined effect of high pressure carbon dioxide and mild heat treatment on overall quality parameters of watermelon juice. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 13, 112-119.
- 22) Liu, X., Gao, Y., Peng, X., Yang, B., Xu, H. & Zhao, J. (2008) Inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in red beet (*Beta vulgaris* L.) extract with high pressure carbon dioxide. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 9, 24- 31.
- 23) Liu, X., Gao, Y., Xu, H., Hao, Q., Liu, G. & Wang, Q. (2010) Inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in red beet (*Beta vulgaris* L.) extract with continuous high pressure carbon dioxide. *Food Chem.*, 119, 108- 113.

- 24) Liu, Y., Hu, X., Zhao, X. & Song, H. (2012) Combined effect of high pressure carbon dioxide and mild heat treatment on overall quality parameters of watermelon juice. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 13, 112- 119
- 25) Margosch, D., Ganzle, M.G., Ehrmann, M.A. & Vogel, R.F. (2004) Pressure inactivation of *Bacillus* endospores. *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 12, 7321-7328.
- 26) Marszałek, K., Mitek, M., Skąpska, S., Kalisz, S., Ścibisz, I. & Ulman, I. (2011) Wpływ wysokich ciśnień hydrostatycznych (UHP) na jakość soków i nektarów truskawkowych, *Towaroznawstwo w kształtowaniu jakości i cech prozdrowotnych żywności*, 205, 44- 53
- 27) Marszałek, K., Mitek, M. & Skąpska, S. (2011) Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych (UHP) do utrwalania soków i nektarów truskawkowych. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 1, 74, 112-123.
- 28) Marszałek K. & Mitek M. (2012) Wpływ parametrów procesu ciśnieniowania na pojemność przeciwutleniającą puree truskawkowego utrwalonego metodą UHP, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 571, 79- 85
- 29) Marszałek, K. & Mitek, M. (2012) Wpływ utrwalania mikrofalowego w przepływie na zmiany antocyjanów, witaminy C i barwy puree truskawkowego, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 566, 135- 142.
- 30) Marszałek, K., Woźniak, Ł. & Skąpska, S. (2015) Wpływ ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym na jakość soku truskawkowego, *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 2, 99, 114, 123.
- 31) Marszałek, K., Mitek, M. & Skąpska, S. (2015) The effect of thermal pasteurization and high pressure processing at cold and mild temperatures on the chemical compositions, microbial and enzyme activity in strawberry puree. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 27, 48-56.
- 32) Niu, S., Xu, Z., Fang, Y., Zhang, L., Yang, Y., Liao, X. & Hu, X. (2010) Comparative study on cloudy apple juice qualities from apple slices treated by high pressure carbon dioxide and mild heat. *Innov. Food Sci. Emerg*, 11, 91- 97.
- 33) Ogawa, H., Fukuhisa, K. & Fukumoto, H. (1992) Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of citrus juice, *High Pressure Biotechnol.*, 224, 269- 278.
- 34) Ortuño, C., Duong, T., Balaban, M. & Benedito, J. (2013) Combined high hydrostatic pressure and carbon dioxide inactivation of pectinmethylesterase, polyphenoloxidase & peroxidase in feijoa puree. *J. Supercrit. Fluids*, 82, 56- 62.
- 35) Rayan, A. M. M., Gab-Alla, A. A., Shatta, A. A. & El-Shamei, A. S. (2011) Thermal inactivation kinetics of quality-related enzymes in cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis). *Eur. Food Res. Technol.*, 232, 319-326.
- 36) Reineke K., Mathys A. & Knorr D. (2011) The impact of high pressure and temperature on bacterial spores: inactivation mechanisms of *Bacillus subtilis* above 500 MPa. *J. Food Sci.* 76, 189-197.

- 37) Seyderhelm, I., Boguslawski, S., Michaelis, G. & Knorr, D. (1996) Pressure induced? inactivation of selected food enzymes. *J. Food Sci.*, 61, 308–310.
- 38) Skąpska, S., Sokołowska, B., Fonberg-Broczek, M., Niezgoda, J., Chotkiewicz, M. & Dekowska, A. (2012) Zastosowanie pasteryzacji wysokociśnieniowej do inaktywacji przetrwalników *Alicyclobacillus acidoterrestris* w soku jabłkowym. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 3(82), 187-196.
- 39) Spilimbergo, S., Komes, D., Vojvodic, A., Levaj, B. & Ferrentino, G. (2013) High pressure carbon dioxide pasteurization of fresh-cut carrot. *J. Supercrit. Fluid.*, 79, 92- 100.
- 40) Suarez-Jacobo, A., Rufer, C. E., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sages, A. X., Saldo, J. (2011) Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. *Food Chem.* 127, 447-454.
- 41) Verbeyst, L., Oey, I., Plancken, V. I., Hendrickx, M. & Loey, A. (2010) Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. *Food Chem.*, 123, 269-274.
- 42) Virkam, V. B., Ramesh, M. N. & Prapulla, S. G. (2005) Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *J. Food Eng.*, 69, 31- 40.
- 43) Weemaes, C. A., Ludikhuyze, L. R., Van den Broeck, J. & Hendrickx, M. E. (1998) Kinetics of combined pressure-temperature inactivation of avocado polyphenoloxidase. *Biotechnol Bioeng.*, 60, 292- 300.
- 44) Wrolstad, R. E., Durst, R. W. & Jungmin, L. (2005) Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends Food Sci. Tech.*, 16, 423-428. Zhou, L., Wang, Y., Hu, X., Wu, J. & Liao, X. (2009). Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 10, 321-327.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

5.1. Działalność naukowa

Mój dotychczasowy dorobek naukowy dotyczył głównie następujących bloków tematycznych:

1. Porównanie jakości warzyw uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym.
2. Ocena właściwości żywieniowych surowców i produktów wyprodukowanych na bazie owoców mniej znanych.
3. Zastosowanie innowacyjnych metod utrwalania żywności do produktów owocowych i warzywnych.
4. Opracowanie nowych, w tym funkcjonalnych, produktów na bazie owoców, warzyw i grzybów oraz ich technologii produkcji dla zakładów przemysłu spożywczego.
5. Związki biologicznie aktywne, ich stabilizacja oraz ekstrakcja z surowców owocowych i przypraw.

Porównanie jakości warzyw uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym.

Prace badawcze z zakresu żywności ekologicznej realizowane były przy współpracy z dr hab. Ewelina Hallmann z Katedry Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW. W ramach tej współpracy zrealizowałem projekt badawczy przyznany w ramach środków z działalności statutowej IBPRS pt. „Badanie wartości odżywczej wybranych produktów z marchwi, pomidorów, czerwonej papryki z upraw ekologicznych i konwencjonalnych” [wykaz II E, poz. 1]. Współpraca z dr hab. Ewelina Hallmann trwała jednak znacznie dłużej i zaowocowała wieloma wspólnymi pracami. Celem tych prac było zbadanie różnic w zawartości wybranych składników biologicznie aktywnych obecnych w surowcach pochodzących z upraw ekologicznych i konwencjonalnych oraz produktach z nich wytworzonych w wielosezonowych badaniach. Wyniki tej współpracy prezentowane były przez Panią dr hab. Ewelina Hallmann na wielu konferencjach naukowych, czego efektem było powstaniem ośmiu publikacji z tego zakresu w recenzowanych czasopismach naukowych z listy A i B MNiSW [wykaz II A, poz. 2, II D, poz. 1 – 4, 8, 9, 11].

Ocena właściwości żywieniowych surowców i produktów wyprodukowanych na bazie owoców mniej znanych.

W latach 2008 – 2013 w Zakładzie Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych IBPRS jako współautor brałem udział w realizacji trzech projektów badawczych pt. „Określenie przydatności uprawianych w Polsce odmian rokitnika do wyrobu produktów owocowych i owocowo-warzywnych”, „Opracowanie technologii prozdrowotnych produktów z wykorzystaniem mniej znanych gatunków owoców bogatych w antyoksydanty” i „Wpływ wybranych parametrów procesu przetwórczego na zmiany zawartości prozdrowotnych składników owoców róży pomarszczonej (*Rosa*

rugosa)”, finansowanych ze środków przyznanych na działalność statutową IBPRS [wykaz II E, poz. 2 – 4]. Celem tych prac było poznanie właściwości żywieniowych dziesięciu gatunków owoców oraz dziewięciu odmian owoców mniej znanych, rosnących w Polsce pod kątem możliwości opracowania produktów o cenionych właściwościach prozdrowotnych i wysokim potencjale antyoksydacyjnym. Rezultatem badań było opracowanie szeregu receptur produktów o właściwościach prozdrowotnych oraz opublikowanie trzech artykułów naukowych w branżowych recenzowanych czasopismach z listy B MNiSW [wykaz II D, poz. 5, 13, 16]. Wyniki badań prezentowano również w formie plakatów na dwóch konferencjach naukowych, w tym jednej międzynarodowej [wykaz III B, poz. 2, 10].

W latach 2008 – 2010 uczestniczyłem również jako współautor w realizacji projektu celowego pt. „Opracowanie i wdrożenie technologii niskosłodzonych żelowanych przetworów owocowych i owocowo-warzywnych z dodatkiem rokitnika” [wykaz II I, poz. 2]. Nowoopracowane produkty na bazie rokitnika opracowane w ramach projektu celowego zostały wprowadzone do produkcji przemysłowej w Przedsiębiorstwie Produkcyjno – Handlowym Finako w Bydgoszczy.

Opracowanie nowych, w tym funkcjonalnych, produktów na bazie owoców, warzyw i grzybów oraz technologii ich produkcji dla zakładów przemysłu spożywczego.

Prace nad opracowaniem nowych produktów i technologii rozpoczęły się od realizacji dwóch projektów celowych pt. „Opracowanie i wdrożenie technologii otrzymywania kiszonych warzyw i grzybów metodą kontrolowanej fermentacji mlekowej” oraz „Opracowanie i wdrożenie technologii otrzymywania produktów pomidorowych o podwyższonej zawartości likopenu” które realizowałem jako współautor i wykonawca w latach 2008 – 2012 [wykaz II I, poz. 1, 3]. Ponadto obecnie jako współautor i główny wykonawca realizuję grant uzyskany w ramach Programu Badań Stosowanych NCBR pt. „Opracowanie innowacyjnych produktów owocowych o wysokim potencjale prozdrowotnym, przeznaczonych szczególnie dla osób o specyficznych potrzebach żywieniowych” [wykaz II I, poz. 6]. W latach 2012 – 2016, w większości jako główny wykonawca, brałem udział w tworzeniu sześciu opracowań badawczych nad nowymi innowacyjnymi i funkcjonalnymi produktami na bazie owoców i warzyw. Prace te były wykonane na zlecenie krajowych i międzynarodowych firm takich jak: DinSundhes Net AsP., Cocofarm Sp. z o.o., Hoop Polska Sp. z o.o., Glokor Sp. z o.o., La – sad Sp. z o.o. czy Food Care Sp. z o.o. [wykaz III M, poz. 1 – 6]. Prace te nie były publikowane ze względu na poufność uzyskanych wyników, a ich rozliczenie polegało na przygotowaniu raportu końcowego z rezultatami prowadzonych badań i recepturami końcowymi.

Celem tych prac było przede wszystkim opracowanie produktów spełniających wymagania założone w projektach oraz wyznaczone przez producentów żywności zlecających prace.

Zastosowanie innowacyjnych metod utrwalania żywności do produktów owocowych i warzywnych.

Celem tych prac było zbadanie możliwości zastosowania innowacyjnych technik takich jak: wysokie ciśnienia hydrostatyczne, ogrzewanie mikrofalowe, ditlenek węgla pod wysokim ciśnieniem, pulsujące pola elektryczne do utrwalania produktów owocowych i warzywnych.

Moje zainteresowanie tą tematyką rozpoczęły się w roku 2009 podczas realizacji grantu pt. „Zastosowanie pasteryzacji wysokociśnieniowej HPP do inaktywacji przetrwalników *Alicyclobacillus acidoterrestris* w sokach i nektarach owocowych”, kierowanego przez dr inż. Sylwię Skąpską, realizowanego w Zakładzie Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych IBPRS, którego byłem jednym z wykonawców [wykaz II I, poz. 4]. W 2011 roku w Zakładzie Technologii Owoców i Warzyw Wydziału Nauk o Żywności SGGW rozpocząłem realizację grantu promotorskiego pt. „Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych oraz obróbki mikrofalowej do utrwalania produktów truskawkowych”, który stanowił podstawę moich badań realizowanych w ramach pracy doktorskiej [wykaz II I, poz. 5]. Efektem tej pracy była rozprawa doktorska pt. „Zastosowanie niekonwencjonalnych metod utrwalania żywności (UHP i ogrzewania mikrofalowego) do produktów owocowych”, wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Marty Mitek, której obrona odbyła się w 2013 roku na Wydziale Nauk o Żywności SGGW. W ramach badań nad zastosowaniem innowacyjnych metod utrwalania żywności w latach 2013 – 2016 zrealizowałem również dwa projekty badawcze pt. „Możliwości zastosowania nowoczesnych technik do utrwalania produktów owocowych” oraz „Zastosowanie wysokich ciśnień do inaktywacji wybranych roślinnych enzymów tkankowych” finansowane z działalności statutowej IBPRS [wykaz II E, poz. 6 i 8]. Uzyskane wyniki z przedstawionego zakresu badań prezentowałem na 21 konferencjach naukowych, w tym 4 międzynarodowych, na których wygłosiłem 12 referatów [wykaz II K, poz. 3, 5 – 7, 10 – 11, 14 – 19] i zaprezentowałem 9 plakatów [wykaz III B, poz. 4 – 9, 11 – 13]. Ponadto wyniki dotyczące zagadnień innowacyjnych technik utrwalania żywności były sześciokrotnie prezentowane na seminariach w IBPRS i SGGW [wykaz II K, poz. 2, 4, 8 – 9, 12 – 13]. Efektem tych prac było powstanie pięciu publikacji naukowych indeksowanych na liście A MNiSW [wykaz II A, poz. 1, 4 – 5, 7, 9] oraz pięciu na liście B MNiSW [wykaz II D, poz. 10, 12, 14, 17 – 18]. Wyniki badań dotyczących technik opartych na zastosowaniu wysokiego ciśnienia, uzyskanych po obronie pracy doktorskiej składają się na cykl siedmiu monotematycznych publikacji naukowych indeksowanych na liście A MNiSW [wykaz I B, poz. 1 – 7] stanowiące osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Wieloletnia współpraca z przemysłem przyczyniła się również do powstania zgłoszenia patentowego mojego współautorstwa na technologię produkcji półproduktów owocowych utrwalanych poprzez ogrzewanie mikrofalowe w przepływie z przeznaczeniem do dalszego przetwórstwa [wykaz II B, poz. 1].

Od 2017 roku jako jeden z wykonawców będę uczestniczył w wykonaniu projektu naukowego pt. „Prace B+R nad stworzeniem trzech innowacyjnych technologii w branży przetwórstwa owocowo-warzywnego” realizowanych w ramach programu POiR, finansowanego przez NCBR, w którym

Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych IBPRS wygrał konkurs ofert na wykonanie tego projektu [wykaz II I, poz. 8].

Związki biologicznie aktywne, ich stabilizacja oraz ekstrakcja z surowców owocowych i przypraw.

Zainteresowania tematyką stabilizacji związków biologicznie aktywnych rozpoczęły się w momencie realizacji mojej pracy magisterskiej w latach 2008 – 2009, w ramach której badałem ochronny wpływ dodatku preparatów pektyn nisko i wysokometylowanych na wybrane parametry jakościowe nektarów truskawkowych. Praca była realizowana pod kierunkiem dr hab. Stanisława Kalisza w Zakładzie Technologii Owoców i Warzyw Wydziału Nauk o Żywności SGGW. Wyniki tej pracy były prezentowane na dwóch konferencjach naukowych [wykaz III B, poz. 1, 3] oraz na seminarium IBPRS [wykaz II K, poz. 1] a ich efektem było powstanie dwóch recenzowanych publikacji naukowych indeksowanych na liście B MNiSW [wykaz II D, poz. 6, 7]. Tematyka prac związanych ze stabilizacją i ekstrakcją związków biologicznie aktywnych jest realizowana w Pracowni Technologicznej Zakładu Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych pod moim kierownictwem przez mgr inż. Łukasza Woźniaka w ramach prowadzonych projektów badawczych finansowanych z działalności statutowej IBPRS [wykaz II E, poz. 5, 7, 9] oraz w ramach uzyskanego w 2016 roku grantu PRELUDIUM finansowanego z Narodowego Centrum Nauki pt. „Woski rodzimych owoców jako źródło naturalnych substancji o działaniu farmakologicznym”, którego opiekunem naukowym jest prof. dr hab. Jan Oszmiański. Celem tych badań jest opracowanie parametrów ekstrakcji związków fenolowych oraz związków triterpenowych metodą ekstrakcji nadkrytycznym ditlenkiem węgla z wyłoków pozyskanych z krajowych owoców oraz sprawdzenie ich właściwości bioaktywnych poprzez badanie pojemności przeciwutleniającej różnymi metodami badawczymi. Uzyskane wyniki prezentowane były na pięciu konferencjach naukowych, w tym dwóch międzynarodowych [wykaz III Q, poz. 13 – 16, 19] a efektem tych prac było powstanie trzech recenzowanych publikacji naukowych indeksowanych na liście A MNiSW [wykaz II A, poz. 3, 6, 8].

5.2. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska

Z uwagi na zatrudnienie w Instytucie badawczym moja działalność dydaktyczna ograniczyła się do zajęć prowadzonych w trakcie realizacji studiów III stopnia na Wydziale Nauk o Żywności SGGW. W latach 2009 – 2013 prowadziłem ze studentami studiów dziennych, wieczorowych, zaocznych i uzupełniających ćwiczenia z następujących przedmiotów: Kierunkowa Technologia Żywności, Technologia Specjalizacyjna, Żywność Minimalnie Przetworzona, Ogólna Technologia Żywności, Metodologia Badań Naukowych oraz Projektowanie. Ponadto w 2014 roku prowadziłem szkolenie dla pracowników przemysłu spożywczego z zakresu termicznego utrwalania żywności [wykaz III I, poz. 1 – 4]. W tym samym czasie byłem również opiekunem naukowym jednej pracy inżynierskiej oraz

trzech prac magisterskich realizowanych w Zakładzie Technologii Owoców i Warzyw WNoŻ SGGW [wykaz III J, poz. 1].

W roku akademickim 2016/2017 zostałem zaproszony przez prof. dr hab. Martę Mitek do prowadzenia wykładów ze studentami studiów dziennych i zaocznych z przedmiotu pt. „Ocena jakości surowców owocowo – warzywnych z elementami logistyki” na WNoZ SGGW [wykaz III I, poz. 6].

W 2016 roku miałem przyjemność wziąć udział w realizacji programu pt. „Pięć porcji zdrowia” realizowanego przez Stowarzyszenie Krajowa Unia Producentów Soków, w ramach którego wystąpiłem w roli eksperta w programie telewizyjnym „Pytanie na śniadanie” [wykaz III I, poz. 5].

W latach 2011 – 2017 brałem również aktywny udział w czternastu szkoleniach związanych tematycznie z profilem mojej działalności naukowej [wykaz III Q, poz. 1 – 14], a w 2012 roku ukończyłem podyplomowe studia na Kierunku Menadżer Badań Naukowych i Prac Rozwojowych organizowanych przez Polską Fundację Ośrodków Wspomagania Rozwoju Gospodarczego „OIC Poland” oraz Wyższą Szkołę Ekonomii i Innowacji w Lublinie.

Ponadto od początku mojej kariery naukowej odbyłem 5 staży i praktyk [wykaz III L, poz. 1 – 5]. W 2006 oraz 2007 roku były to miesięczne praktyki realizowane w zakładach przemysłu spożywczego: piekarnia „MAGMIR” Pytel - Dąbek Sp. j. w Tarnobrzegu oraz Zakład Przetwórstwa Owocowo - Warzywnego „HORTINO” w Leżajsku. W 2008 roku odbyłem trzy miesięczny staż naukowy w IBPRS, a w 2013 roku miałem przyjemność uczestniczyć w dwu tygodniowym wyjeździe naukowym do University College Cork w Irlandii w ramach programu Erasmus. W styczniu 2017 roku odbyłem miesięczny staż w Instytucie Wysokich Ciśnień UNIPRESS PAN w ramach współpracy w realizacji grantu SONATA.

5.3. Działalność organizacyjna, w zespołach eksperckich, komitetach redakcyjnych i konsorcjach, recenzje projektów i publikacji naukowych

W 2011 roku brałem udział w organizacji XL Jubileuszowej Sesji Naukowej Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk, a w 2016 roku na konferencji Polski Kongres Napojowy przewodniczyłem sekcji pt. „Nowoczesne techniki w zakładzie produkcyjnym” [wykaz III C, poz. 1 – 2 oraz II K, poz. 20]. Od 2014 roku współpracuję z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju jako recenzent projektów naukowych. W ramach tej współpracy recenzowałem raport z realizowanego projektu naukowego [wykaz III O, poz. 1]. W tym samym czasie recenzowałem sześć projektów badawczych realizowanych w ramach działalności statutowej IBPRS [wykaz III O, poz. 3]. Ponadto od 2014 roku jestem członkiem Komitetu Technicznego ds. żywności ekologicznej w SGS Polska, jako przedstawiciel nauki, a od 2016 roku zostałem Przewodniczącym tego Komitetu [III H, poz. 1 – 2].

W 2016 roku rozpocząłem współpracę z Polską Agencją Rozwoju Przedsiębiorczości jako ekspert z zakresu technologii żywności i żywienia. W ramach tej współpracy recenzowałem 24 projekty POIR w ramach programu bony na innowacje [wykaz, III N, poz. 1 oraz III O, poz. 2].

W ramach mojej dotychczasowej działalności naukowej wykonałem w sumie 19 recenzji publikacji naukowych w czołowych czasopismach indeksowanych na liście A MNiSW takich jak: *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *Journal of Agricultural Science and Technology*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *International Journal of Food Science and Technology*, *Journal of Food Science and Technology*, *International Journal of Biological Macromolecules*, *Trends in Food Science and Technology*, *Molecular Biotechnology*, *Food Research International* [wykaz III P, poz. 1 – 9].

5.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

Moje prace prezentowane na konferencjach naukowych zdobyły cztery wyróżnienia [wykaz II J, poz. 1, 5 – 7] a dorobek nagradzany był licznymi stypendiami finansowanymi przez SGGW oraz jednym stypendium przyznany przez wojewodę mazowieckiego [wykaz II J, poz. 2 – 4 oraz II D, poz. 1 – 2]. Studia doktoranckie zakończyłem plasując się w 5% najlepszych studentów studiów doktoranckich SGGW [wykaz III D, poz. 3].

W 2013 roku otrzymałem nagrodę Rektora SGGW za osiągnięcia dydaktyczne [wykaz II J, poz. 7]. Nagroda ta została przyznana za współautorstwo skryptu akademickiego z Ogólnej Technologii Żywności [wykaz II D, poz. 15]. Dużym wyróżnieniem było zajęcie przeze mnie pierwszego miejsca wśród wszystkich uczestników programu Erasmus pochodzących z Belgii, Hiszpanii, Irlandii, Francji, Rumunii i Polski na egzaminie końcowym, na który składała się prezentacja ustna oraz test pisemny z zakresu wiedzy zdobytej w trakcie trwania programu [wykaz II J, poz. 7].

W 2016 roku IBPRS otrzymał zaproszenie od MRiRW do wzięcia udziału w cyklicznych sympozjach FAO. Dyrektor IBPRS delegowała mnie do wzięcia udziału w pierwszym z cyklu sympozjum, które odbyło się w Rzymie pt. „The Role of Agricultural Biotechnologies in Sustainable Food Systems and Nutrition” oraz ustanowiła osobą odpowiedzialną w IBPRS za kontakty z FAO [wykaz II J, poz. 3 oraz III A, poz. 2].

Od momentu rozpoczęcia mojej kariery naukowej w procedurze corocznej oceny dorobku naukowego i technicznego pracowników naukowych i badawczo – technicznych IBPRS otrzymywałem zawsze najwyższe wyróżniające oceny zarówno w kategorii asystentów jak i adiunktów.

W 2016 roku moje osiągnięcie naukowe zostały wyróżnione w VIII edycji Konkursu Innowator Mazowska w kategorii Innowacyjny Młody Naukowiec.

5.5. Tabelaaryczne zestawienie dorobku naukowego

	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Łącznie
1. Publikacja znajdujące się w bazie JCR	-	-	-
1.1. w j. polskim	1	0	1
1.2. w j. angielskim	1	14	15
2. Monografie i publikacje nie znajdujące się w bazie JCR	-	-	-
2.1. w j. polskim	11	3	14
2.2. w j. angielskim	4	0	4
3. Dokumentacja prac badawczych	-	-	-
3.1. Projekty naukowo – badawcze finansowane z zewnątrz	5	2	7
3.2. Projekty badawcze finansowane z działalności statutowej IBPRS	5	4	9
3.3. Ekspertyzy i opracowania na zamówienie	2	4	6
4. Doniesienia konferencyjne	-	-	-
4.1. Komunikaty na międzynarodowych konferencjach	1	1	2
4.2. Komunikaty na krajowych konferencjach	5	6	11
4.3. Plakaty na międzynarodowych konferencjach	1	2	3
4.4. Plakaty na krajowych konferencjach	9	1	10
Łącznie	45	37	82

- Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **36,683**, w tym po uzyskaniu stopnia doktora **34,112**
- Sumaryczny 5 letni impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **42,749**, w tym po uzyskaniu stopnia doktora **39,975**
- Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **636** w tym po uzyskaniu stopnia doktora **498**
- Sumaryczna ujednolicona liczba punktów za lata 2013 – 2016 wg MNiSW wynosi **688** w tym po uzyskaniu stopnia doktora **550**
- Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): **50**
- Indeks Hirscha według bazy Web o Science (WoS): **4**
- Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus: **63**
- Indeks Hirscha według bazy Scopus: **5**

Krzysztof Musiel