

Dr inż. Anna Danuta Podsędek

Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Instytut Biochemii Technicznej
ul. Stefanowskiego 4/10
90-924 Łódź

Załącznik nr 2

Autoreferat z opisem dorobku i osiągnięć
naukowych związanych z postępowaniem
habilitacyjnym

Spis treści

1. Dane osobowe.....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego.....	4
A) Tytuł osiągnięcia naukowego	4
B) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.....	4
5. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego.....	7
6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	28
6.1. Badanie składu i właściwości przeciwutleniających żywności i suplementów diety pochodzenia roślinnego.....	30
6.2. Poszukiwanie surowców roślinnych wykazujących właściwości kardioprotekcyjne...	36
6.3. Charakterystyka surowców roślinnych o aktywności antynowotworowej.....	37
6.4. Analiza składu ekstraktów roślinnych o działaniu przeciwdrobnoustrojowym.....	38
6.5. Możliwość zastosowania surowców roślinnych w kosmetologii.....	38
6.6. Badanie wpływu fitozwiązków na enzymy trawienne.....	39
7. Podsumowanie pracy naukowo-badawczej	41

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: **Anna Danuta Podsędek**

Nazwisko rodowe **Korzuchowska**

Miejsce zatrudnienia: Politechnika Łódzka

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Instytut Biochemii Technicznej

ul. Stefanowskiego 4/10

90-924 Łódź

Adres e-mail: anna.podsedek@p.lodz.pl

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 1988 Politechnika Łódzka,
Wydział Chemii Spożywczej,
Stopień magistra inżyniera chemika
Specjalność: chemia i technologia spożywcza,
Praca magisterska pt. „Kinetyka przemian antocyjanów
w obecności aldehydu octowego i katechiny”
kierujący pracą prof. dr hab. Jadwiga Wilska-Jeszka
- 1998 Politechnika Łódzka,
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Stopień doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej,
Praca doktorska pt. „Charakterystyka i właściwości katechin
i proantocyjanidyn owoców”
Promotor: prof. dr hab. Jadwiga Wilska-Jeszka

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 01.02.1988 - 30.04.1988 | Akademia Medyczna w Łodzi, Zakład Bromatologii
stażysta |
| 01.05.1988 – 31.08.1989 | Akademia Medyczna w Łodzi, Zakład Bromatologii
chemik |
| 01.09.1989 – 30.09.1997 | Politechnika Łódzka, Instytut Biochemii Technicznej
asystent |
| 01.10.1997 – 31.05.1998 | Politechnika Łódzka, Instytut Biochemii Technicznej
chemik |
| 01.06.1998 – do chwili
obecnej | Politechnika Łódzka, Instytut Biochemii Technicznej
adiunkt |

4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest cykl publikacji naukowych.

A) Tytuł osiągnięcia naukowego

„Antyoksydacyjne i prozdrowotne działanie polifenoli czerwonej kapusty”

B) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

G1. Anna Podsędek, 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. LWT-Food Science and Technology, 40, 1-11.

(IF = 1.589; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 429)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zgromadzeniu literatury, zestawieniu i opisanii opublikowanych danych, przygotowaniu manuskryptu, odpowiedzi na uwagi recenzenta jako autor korespondencyjny. Mój udział procentowy wynosi 100%.

G2. Anna Podsędek, Dorota Sosnowska, Małgorzata Redzyna, Barbara Anders, 2006. Antioxidant capacity and content of Brassica oleracea dietary antioxidants. International Journal of Food Sciences and Technology, 41, (Supp. 1), 49-58.

(IF = 0.832; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 62)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy, studiach literaturowych, zaplanowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań potencjału antyoksydacyjnego, sformułowaniu wniosków, dyskusji wyników i przygotowaniu manuskryptu, a także przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów jako autor korespondencyjny. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

G3. Anna Podsędek, Dorota Sosnowska, Małgorzata Redzyna, Maria Koziółkiewicz, 2008. Effect of domestic cooking on the red cabbage hydrophilic antioxidants. International Journal of Food Sciences and Technology, 43, 1770-1777.

(IF = 1.065; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 20)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na określeniu tematyki i koncepcji publikacji, przeglądzie danych literaturowych, zaplanowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu oznaczenia potencjału antyoksydacyjnego, analizie statystycznej wyniku eksperymentów, przygotowaniu manuskryptu oraz przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów jako autor korespondencyjny, kierowaniu projektem naukowym obejmującym badania opisane w pracy. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

G4. Piotr Duchnowicz, Milena Bors, **Anna Podsędek**, Maria Koter-Michalak, Marlena Broncel, 2012. Effect of polyphenols extracts from Brassica vegetables on erythrocyte membranes (*in vitro* study). Environmental Toxicology and Pharmacology, 34, 783-790.

(IF = 2.005; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 15)

Mój wkład w powstanie tej interdyscyplinarnej publikacji oceniam na 10% i polegał on na otrzymaniu i charakterystyce ekstraktów roślinnych oraz sformułowaniu opisu metodyki i wyników dotyczących w/w zakresu. Mój wkład w przygotowanie ekstraktów do badań i ich analizę chemiczną pod kątem zawartości polifenoli ogółem i określenia profili polifenolowych metodą HPLC oceniam na 100%. Ponadto byłam inicjatorem podjęcia współpracy z Uniwersytetem Łódzkim, gdzie zrealizowano znaczną część badań do publikacji. Byłam także kierownikiem projektu, w ramach którego realizowano te badania.

G5. **Anna Podsędek**, Małgorzata Redzyna, Elżbieta Klewicka, Maria Koziółkiewicz, 2014. Matrix effects on the stability and antioxidant activity of red cabbage anthocyanins under simulated gastrointestinal digestion, BioMed Research International (open access), Article ID 365738, 11 stron. **(IF = 1.579; 20 pkt. MNiSW¹; liczba cytowań – 9)**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na określeniu tematyki i koncepcji publikacji, przeglądzie danych literaturowych, zaplanowaniu doświadczeń, oznaczeniu potencjału antyoksydacyjnego, sformułowaniu wniosków, dyskusji wyników i przygotowaniu manuskryptu oraz przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów jako autor korespondencyjny. Byłam także kierownikiem projektu, w ramach którego zrealizowano te badania. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

G6. Marta Zielińska, Urszula Lewandowska, **Anna Podsędek**, Adam I. Cygankiewicz, Damian Jacenik, Maciej Sałaga, Radzisław Kordek, Wanda M. Krajewska, Jakub Fichna, 2015. Orally available extract from *Brassica oleracea* var. *capitata rubra* attenuates experimental colitis in mouse models of inflammatory bowel diseases. Journal of Functional Foods, 17, 587-599. **(IF = 3.973; 45 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 10)**

*Mój indywidualny wkład w powstanie powyższej interdyscyplinarnej publikacji oceniam na 20%. Polegał on na przygotowaniu ekstraktu do badań *in vivo* i jego charakterystyce chemicznej oraz sformułowaniu opisu w/w badań. Mój wkład w przygotowanie ekstraktu i jego analizę chemiczną pod kątem zawartości makroskładników i polifenoli ogółem oceniam na 100%, zaś wkład indywidualny w określenie składu jakościowego i ilościowego antocyjanów metodą UPLC-Q-TOF-MS i HPLC oceniam na 30%.*

G7. **Anna Podsędek**, Iwona Majewska, Alicja Z. Kucharska, 2017. Inhibitory potential of red cabbage against digestive enzymes linked to obesity and type 2 diabetes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65, 7192-7199.

(IF² = 3.154; 45 pkt. MNiSW³; liczba cytowań – 0)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na określeniu tematyki i opracowaniu koncepcji pracy, studiach literaturowych, planowaniu doświadczeń, przygotowaniu ekstraktów, przeprowadzeniu badania aktywności lipazy trzustkowej, analizie statystycznej wyników, sformułowaniu

wniosków, dyskusji wyników i przygotowaniu manuskryptu, pełnieniu funkcji autora korespondencyjnego. Mój udział szacuję na 90%.

Wartość współczynnika wpływu (IF- impact factor) podany jest zgodnie z rokiem opublikowania artykułu (wg listy Journal Citation Reports dostępnej na Web of Science).

Punktacja czasopism naukowych MNiSW podana jest zgodnie z rokiem opublikowania artykułu.

¹Punktacja czasopisma z roku 2015

² Wartość współczynnika IF z roku 2016

³ Punktacja z 2016 r. zgodnie z ujednoliconym wykazem czasopism naukowych za lata 2013-2016.

Liczba cytowań wg Web of Science (z dnia 14.05.2018)

Sumaryczny IF prac stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 14.197, sumaryczna liczba punktów MNiSW wynosi 190, zaś liczba cytowań na dzień 14.05.2018 r. wynosi 545.

Oświadczenia współautorów odnośnie ich udziału w powstawaniu wspólnych publikacji stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie zostały zamieszczone w Załączniku 6.

Poza publikacjami **G1-G7** wyniki prac badawczych stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego zostały zaprezentowane w formie referatu i komunikatów zjazdowych na krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych.

1. **Podsędek A.**, Sosnowska D., Anders B., **2004**. Naturalne przeciwutleniacze warzyw kapustnych. *XXXV Sesja Naukowa KNoŻ PAN, 21-22.09. 2004, Łódź*, materiały str. 170, **poster**.
2. **Podsędek A.**, Sosnowska D., Redzyna M., Łoś J., **2005**. Wpływ obróbki kulinarnej na stabilność i aktywność przeciwutleniaczy czerwonej kapusty. *Konferencja Naukowa „Żywność a zdrowie – interakcje”, PTTŻ, 9-10.06.2005, Kraków*, materiały str. 82, **poster**.
3. **Podsędek A.**, Sosnowska D., Redzyna M., Anders B., **2006**. Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants. *10th Karlsruhe Nutrition Congress, 15-17.10.2006, Karlsruhe*, materiały str. 30, **poster**.
4. Sosnowska D., **Podsędek A.**, Zakłós M., Koziołkiewicz M., Duchnowicz P., Koter-Michalak M., **2006**. *In vitro* biological activities of red cabbage anthocyanins. *10th Karlsruhe Nutrition Congress, 15-17.10.2006, Karlsruhe*, materiały str. 46, **poster**.
5. Redzyna M., **Podsędek A.**, Koziołkiewicz M., **2006**. *In vitro* gastrointestinal digestion study of red cabbage phenolic compounds. *XLI Zjazd Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, 12-15.09. 2006, Białystok*, streszczenie w *Acta Biochimica Polonica*, vol 53, str. 205, **poster**.
6. Staroń A., Duchnowicz P., **Podsędek A.**, Broncel M., Koter-Michalak M., **2006**. Protective effect of red cabbage flavonoids on hypercholesterolemia in human erythrocytes. *XLI Zjazd Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, 12-15.09.2006, Białystok*, streszczenie w *Acta Biochimica Polonica*, vol 53, str. 19, **poster**.
7. Duchnowicz P., Staroń A., **Podsędek A.**, Broncel M., Koter-Michalak M., **2007**. Protective effect of flavonoids from red cabbage and Brussels sprouts on hypercholesterolemia in human erythrocytes. *16th Meeting of the European Association for Red Cell Research, 16-19.03.2007, Oxford*, **poster**.

8. Sosnowska D., **Podsędek A.**, Redzyna M., Anders B., **2007**. Wpływ przetwarzania na trwałość naturalnych antyoksydantów czerwonej kapusty. *Konferencja Naukowa „Naturalne przeciwutleniacze – od surowca do organizmu”*, 29-30.01.2007, Poznań, materiały str. 71, **poster**.
9. Redzyna M., **Podsędek A.**, Koziółkiewicz M., **2007**. Stabilność antocyjanów czerwonej kapusty w warunkach trawienia *in vitro*. *Konferencja Naukowa „Naturalne przeciwutleniacze – od surowca do organizmu”*, 29-30.01.2007, Poznań, materiały str. 94-95, **poster**.
10. Staroń A., Duchnowicz P., **Podsędek A.**, Brocel M., Koter-Michalak M., **2007**. Wpływ ekstraktów z czerwonej kapusty na erytrocyty ludzi chorych na hipercholesterolemię. *Konferencja Naukowa „Naturalne przeciwutleniacze – od surowca do organizmu”*, 29-30.01.2007, Poznań, materiały str. 141, **poster**.
11. Redzyna M., **Podsędek A.**, Koziółkiewicz M., **2008**. *In vitro* gastrointestinal digestion study of red cabbage phenolic compounds. *XXIVth International Conference on Polyphenols*, 8-11.07. 2008, Salamanca, materiały str. 759-760, **poster**.
12. Redzyna M., **Podsędek A.**, Koziółkiewicz M., **2008**. Stabilność i aktywność biologiczna związków polifenolowych czerwonej kapusty w warunkach trawienia *in vitro*. *VII Konferencja „Flawonoidy i ich zastosowanie”*, 29-30.05.2008, Rzeszów, **referat**.
13. Redzyna M., **Podsędek A.**, Koziółkiewicz M., **2008**. Wpływ matrycy żywieniowej na stabilność barwników antocyjanowych w warunkach trawienia *in vitro*. *XII Sesja Naukowa SM KN PTTŻ „Żywność współczesna – szanse i zagrożenia”*, 28-29.05.2008, Łódź, materiały str. 87, **poster**.

5. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Wyniki wielu badań wskazują, iż dieta bogata w warzywa i owoce sprzyja zachowaniu zdrowia, przyczynia się do zmniejszenia ryzyka występowania tzw. niezakaźnych chorób cywilizacyjnych i jest postrzegana jako tańsza i bezpieczniejsza alternatywa syntetycznych farmaceutyków [Pem i Jeewon, 2015; Slavin i Lloyd, 2012]. W nowej Piramidzie Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej, opublikowanej w roku 2016 przez ekspertów Instytutu Żywności i Żywienia, warzywa i owoce awansowały na najważniejsze, pierwsze miejsce wśród grup produktów spożywczych zalecanych do spożycia. Światowa Organizacja Zdrowia rekomenduje spożywanie co najmniej 400 g warzyw i owoców dziennie, najlepiej w pięciu porcjach, przy czym warzywa powinny stanowić 3 z 5 porcji i każdą kolejną. Według zaleceń żywieniowych warzywa powinniśmy spożywać regularnie przez cały rok w ilości około 180 kg [Kapusta, 2014]. W Polsce ich konsumpcja w 2016 roku na statystycznego mieszkańca wynosiła 103.1 kg [GUS, 2017], czyli nadal była niedostateczna. Dodatkowo niepokojący jest fakt dynamicznego obniżania spożycia tych produktów, które w roku 2016 było niższe aż o 35% w stosunku do roku 2000 [Murawska, 2016, GUS, 2017]. Wskazuje to na niekorzystny kierunek

zmian przyzwyczajęń żywieniowych Polaków i ciągłą potrzebę kontynuowania akcji edukacyjnych opartych na wynikach wielopłaszczyznowych badań naukowych.

Żywność pochodzenia roślinnego, w tym warzywa i ich przetwory, są dla człowieka źródłem związków o działaniu prozdrowotnym. Istotną rolę w tej grupie zajmują substancje o właściwościach przeciwutleniających, które są ważnym elementem systemu obronnego organizmu przed niekorzystnym działaniem reaktywnych form tlenu (RFT). W warunkach tzw. stresu oksydacyjnego, wywołanego nadmierną produkcją RFT, zachodzą niekorzystne zmiany prowadzące do wielu chorób, w tym miażdżycy, nadciśnienia tętniczego, cukrzycy, nowotworów, czy reumatyzmu [Francisqueti i in., 2017; McMurray i in., 2016]. Przeciwutleniacze lub inaczej antyoksydanty mogą opóźniać lub hamować utlenianie różnych cząsteczek poprzez zapobieganie i/lub przerywanie łańcuchowej reakcji wolnorodnikowej i przemianie RFT w nieaktywne pochodne. Naturalne, żywieniowe przeciwutleniacze to witaminy antyoksydacyjne (C i E), barwniki karotenoidowe oraz związki fenolowe. Skład jakościowy i ilościowy związków o właściwościach antyoksydacyjnych zależy zarówno od gatunku, jak i odmiany warzywa, a także od warunków klimatycznych, zabiegów agrotechnicznych oraz czasu zbioru. Dodatkowo na jakość warzyw i otrzymanych z nich produktów wpływają warunki przechowywania oraz procesy technologiczne stosowane w czasie ich przetwarzania [Ahmed i Eun, 2017].

Skład jakościowy i ilościowy przeciwutleniaczy decyduje o potencjale antyoksydacyjnym żywności, który najczęściej jest określany różnymi metodami *in vitro* opartymi na mechanizmie przeniesienia atomu wodoru (HAT – hydrogen atom transfer) lub mechanizmie przeniesienia pojedynczego elektronu (SET – single electron transfer) [Gupta, 2015]. Wysoki potencjał antyoksydacyjny oznaczony tymi metodami nie zawsze znajduje odniesienie do organizmu człowieka, w którym efektywność ochronnego działania przeciwutleniaczy uwarunkowana jest ich stopniem uwolnienia z matrycy żywnościowej, wchłanianiem, dystrybucją, metabolizmem i wydalaniem. Procesy te określane skrótowo jako LADME (*liberation, absorption, distribution, metabolism, elimination*) następują po sobie, bądź też przebiegają jednocześnie. Badania biodostępności przeciwutleniaczy mogą być realizowane zarówno metodami *in vitro*, jak i *in vivo* [Carbonell-Capella i in., 2014]. Badania *in vitro* polegają na symulacji procesu trawienia w celu określenia wpływu pH i odpowiednich enzymów na stopień uwalniania badanych związków z matrycy żywnościowej oraz ich stabilność. Kolejnym etapem tych badań może być inkubacja strawionej treści pokarmowej z mikroflorą fekalną celem sprawdzenia przemian badanych przeciwutleniaczy przez enzymy bakteryjne. Badania na modelach zwierzęcych są także stosowane do określenia różnych aktywności

biologicznych fitozwiązków, zaś mechanizmy prozdrowotnego działania składników warzyw, w tym przeciwutleniaczy najczęściej określane są metodami *in vitro* z wykorzystaniem prostych modelowych układów pomiarowych, bądź z zastosowaniem różnych struktur biologicznych wyizolowanych z tkanek ludzi lub zwierząt. Powyższe informacje wskazują na różnokierunkowość i wieloaspektowość badań związanych z fitozwiązkami, szczególnie tymi wykazującymi działanie prozdrowotne. Z drugiej strony, taka różnorodność daje badaczowi możliwość wyszukania i realizacji interesujących problemów naukowych.

Istotną rolę w żywieniu człowieka, zarówno w Polsce, jak i na całym świecie, odgrywają warzywa kapustne [Jahangir i in., 2009; Soengas i in., 2011]. Należą one do roślin krzyżowych (*Cruciferae*), rodzaju *Brassica* i obejmują kalafior, brokuł, kalarepę, kapustę pekińską i jarmuż oraz kapusty głowiaste, tj. białą i czerwoną, kapustę włoską i kapustę brukselską. Coraz więcej dowodów wskazuje, iż zwiększona konsumpcja warzyw kapustnych zmniejsza ryzyko występowania niektórych rodzajów nowotworów i chorób sercowo-naczyniowych, co jest ściśle związane z obecnością naturalnych przeciwutleniaczy oraz glukozynolanów [Kapusta-Duch i in., 2012; Soengas i in., 2011]. Plumb i in. [1996] sugerują, że glukozynolany w niewielkim stopniu odpowiadają za aktywność antyoksydacyjną warzyw kapustnych, natomiast produkty ich enzymatycznego rozkładu charakteryzują się wysokim potencjałem antynowotworowym.

Zagadnienia związane z fitozwiązkami o aktywności antyoksydacyjnej występującymi w kapustach głowiastych stały się dla mnie założeniem do realizacji badań, które w części prowadziłam w charakterze kierownika projektu Nr PBZ-KBN- 94/PO6/2003/03 pt. „**Zmiany aktywności biologicznej składników prozdrowotnych warzyw kapustnych w czasie przetwarzania i składowania**” realizowanego w latach 2004-2007, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Wchodził on w skład projektu badawczego zamawianego pt. „Weryfikacja zasad technologii wytwarzania i wykorzystania żywności bogatej w naturalne antyoksydanty pod względem jej działania prozdrowotnego” kierowanego przez prof. dr hab. Włodzimierza Grajka. Z warzyw kapustnych w I etapie badań zajmowałam się kapustami głowiastymi, ponieważ pozostałe z nich były przedmiotem zainteresowania innych ośrodków naukowych biorących udział w projekcie zamawianym. Dalsze moje badania skupiły się na kapuście czerwonej (*Brassica oleracea* var. *capitata rubra*), która okazała się najciekawszą kapustą głowiastą pod kątem składu jakościowego związków fenolowych i potencjału antyoksydacyjnego.

Cykl publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe obejmuje wyniki tych badań i dotyczy:

1. składu związków o właściwościach przeciwutleniających,
2. stabilności naturalnych przeciwutleniaczy w czasie przetwarzania,

3. zmian fenolowych przeciwutleniaczy w warunkach symulowanego trawienia *in vitro*,
4. potencjału przeciwutleniającego kapust głowiastych i jego zmian w wyniku obróbki kulinarnej i trawienia,
5. aktywności kardioprotekcyjnej składników wybranych warzyw kapustnych,
6. potencjalnych właściwości przeciwotyłościowych i przeciwcukrzycowych czerwonej kapusty.

Punktem wyjścia do realizacji zagadnień 1, 2 i 4 był przegląd aktualnego stanu wiedzy dotyczącego warzyw kapustnych, który przedstawiłam w artykule przeglądowym **G1: Anna Podsędek, 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. LWT-Food Science and Technology, 40, 1-11 (IF = 1.589; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 429)**. Zebrane przeze mnie dane potwierdziły duże zróżnicowanie w zawartości witaminy C i E, karotenoidów i związków fenolowych zarówno pomiędzy warzywami kapustnymi, jak i ich odmianami. Ponadto, stwierdziłam brak danych odnośnie zawartości witamin antyoksydacyjnych w kapuście głowiastej czerwonej oraz tylko jedną i dwie publikacje dotyczące, odpowiednio, polifenoli i karotenoidów w tym warzywie. Opisane przez innych autorów przemiany związków o właściwościach przeciwutleniających w czasie obróbki technologicznej, głównie gotowania i mrożenia, dotyczyły brokułu, kalafiora, kapusty brukselskiej oraz kapusty zielonej. Z kolei interesującymi warzywami pod względem potencjału przeciwutleniającego okazały się: czerwona kapusta głowiasta, brokuł oraz jarmuż. Powyższa publikacja przeglądowa okazała się i jest nadal bardzo przydatna i cenna o czym świadczy wysoka liczba cytowań (429) oraz zamieszczenie jej w grupie najlepiej cytowanych prac (wg Web of Science). Dla mnie osobiście, z jednej strony publikacja ta pozwoliła mi usystematyzować wiedzę na temat składu przeciwutleniaczy i potencjału antyoksydacyjnego warzyw kapustnych, z drugiej zaś wskazała na szczególne zainteresowanie badaczy brokułami i nieliczne doniesienia dotyczące kapusty czerwonej. Chciałabym jeszcze zaznaczyć, że wśród 84 cytowanych przeze mnie pozycji literaturowych tylko jedna pochodziła z Polski i dotyczyła jakości kapusty brukselskiej.

Z uwagi na powyższe, w I etapie swoich badań eksperymentalnych analizowałam różne kapusty głowiaste uprawiane w Polsce, w tym 3 odmiany kapusty białej i po 2 odmiany kapusty czerwonej, włoskiej i brukselskiej. Uzyskane wyniki przedstawiłam w publikacji **G2: Anna Podsędek, Dorota Sosnowska, Małgorzata Redzynia, Barbara Anders, 2006. Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants. International Journal of Food Sciences and Technology, 41, (Supp. 1), 49-58 (IF = 0.832; 20 pkt. MNiSW; liczba**

cytowań – 62). Ukazała się ona rok wcześniej niż publikacja przeglądowa wydrukowana w roku 2007, czyli dopiero dwa lata po zaakceptowaniu jej do druku (19.06.2005 r.). Z badanych 9 warzyw wydzieliłam składniki hydro- i lipofilne stosując jako ekstrahent, odpowiednio, 70% metanol lub heksan. Analiza zawartości polifenoli ogółem szeroko stosowaną metodą z odczynnikami Folina-Ciocalteu, a także karotenoidów ogółem, α -tokoferolu i kwasu L-askorbinowego metodą HPLC wskazała na kapusty czerwoną i brukselską jako najzasobniejsze źródła polifenoli (> 130 mg/100 g) i witaminy C (> 60 mg/100 g). Zawartość α -tokoferolu była najwyższa w kapuście brukselskiej i kapuście włoskiej odmiany Langedijker (> 0.54 mg/100 g), zaś najwięcej karotenoidów (> 1 mg/100 g) zawierała kapusta brukselska. Stwierdziłam także zróżnicowanie odmianowe w zawartości oznaczanych składników, przy czym największe rozbieżności zanotowałam dla α -tokoferolu i karotenoidów w kapuście białej i włoskiej. Najmniej obiecująca pod względem zawartości przeciwutleniaczy okazała się kapusta biała, która jest bardzo popularna w naszym kraju. Prezentowana praca **G2** zawiera również dane określające zdolność składników ekstraktów hydro- i lipofilnych do „zmiatania” syntetycznego stabilnego rodnika ABTS^{•+} oraz potencjał antyoksydacyjny tylko ekstraktów hydrofilnych określony dodatkowo w 3 innych układach pomiarowych. Wyznaczony w metodzie ABTS malejący szereg całkowitej aktywności przeciwutleniającej badanych kapust, czyli sumy aktywności frakcji hydro- i lipofilnej był następujący: kapusta czerwona>kapusta brukselska>kapusta włoska>kapusta biała. Ponadto, okazało się, iż za oznaczoną aktywność odpowiedzialne są głównie przeciwutleniacze wyekstrahowane z kapust 70% metanolem, gdyż udział antyoksydantów wydzielonych z użyciem heksanu nie przekraczał 1%. Podobne zależności zaobserwował Wu i in. [2004] stosując metodę fluorescencyjną ORAC, określającą zdolność związków do neutralizacji rodników tlenowych. Szereg aktywności hydrofilnych składników kapust wyznaczony spektrofotometryczną metodą DPPH, która określa efektywność „zmiatania” stabilnych syntetycznych rodników DPPH[•] był taki sam jak wyznaczony z zastosowaniem metody ABTS. Z kolei przy zastosowaniu metody spektrofotometrycznej określającej zdolność badanych przeciwutleniaczy do neutralizacji anionorodnika ponadtlenkowego ($O_2^{\bullet-}$) generowanego w układzie enzymatycznym (ksantyna/oksydaza ksantynowa) kapusta brukselska wykazywała wyższą aktywność niż kapusta czerwona. Ostatnia metoda stosowana w tych badaniach polegała na oznaczeniu zdolności przeciwutleniaczy do inhibicji peroksydacji kwasu linolowego. Przebieg utleniania monitorowano poprzez oznaczanie tzw. TBARS, czyli produktów reakcji reagujących z kwasem tiobarbiturowym. Na podstawie zależności absorbancji w funkcji czasu wyznaczono wartość parametru czasu inhibicji dla dwóch dawek przeciwutleniaczy. Składniki kapusty czerwonej i brukselskiej na porównywalnym

poziomie chroniły substrat lipidowy przed oksydacją, przy czym wartość czasu inhibicji była odwrotnie proporcjonalna do stężenia przeciwutleniaczy. Najaktywniejsze kapusty (czerwona i brukselska) charakteryzowały się najwyższą zawartością witaminy C i związków fenolowych, co sugeruje ich istotny udział w oznaczonej aktywności. W przypadku bardzo zróżnicowanych związków fenolowych wiele badań wskazuje na zależność ich aktywności antyoksydacyjnej od struktury. Substancje fenolowe obejmują zarówno małowcząsteczkowe związki z pojedynczym pierścieniem aromatycznym (np. kwasy fenolowe), jak i dużą grupę flawonoidów zawierających dwa pierścienie aromatyczne, a także wielkowcząsteczkowe taniny. Dlatego też celem było określenie profilu polifenolowego ekstraktów, co wykonałam z zastosowaniem techniki HPLC. Na podstawie wyznaczonych profili fenolowych stwierdziłam, iż w kapuście czerwonej ilościowo dominują antocyjany, zaś w kapuście brukselskiej, włoskiej i białej kwasy hydroksycynamonowe. Wyjątek stanowiła kapusta biała odmiany Vestri, w której ilościowo przeważały kwasy hydroksybenzoesowe. W literaturze przedmiotu opisano wówczas jedynie występowanie acylowanych antocyjanów w czerwonej kapuście [Dyrby i in., 2001; Wu i Prior, 2005], flawonoli w białej kapuście i brokułach [Bahorun i in., 2004; Chu i in., 2000; Nielsen i in., 1998; Price i in., 1998] oraz kwasów hydroksycynamonowych w brokułach [Vallejo i in., 2003]. Pragnę zaznaczyć, iż od wydania publikacji H2 (2007 r.) do dnia dzisiejszego opublikowano nieliczne artykuły określające skład polifenolowy kapust głowiastych [Ahmadiani i in., 2014; Arapitsas i in., 2008; Charron i in., 2007; Kaulmann i in., 2014; Lo Scalzo i in., 2008; Park i in., 2014; Podsędek i in., 2014; Radziejewska-Kubzdela i Biegańska-Marecik, 2015; Wiczkowski i in., 2013, 2014], przy czym większość z nich dotyczy profilu antocyjanowego czerwonej kapusty.

Podsumowując ten etap badań, chciałabym podkreślić swój wkład we wzbogacenie bazy danych dotyczących warzyw kapustnych o zawartości witamin C i E, barwników karotenoidowych i związków polifenolowych, a także potencjału przeciwutleniającego (określonego aż czterema różnymi metodami) w odniesieniu do czerwonej kapusty odmiany Kissendrup i Koda, kapusty brukselskiej odmiany Ajax i Filemon, kapusty włoskiej odmiany Langedijker i 60F/100 oraz kapusty białej odmiany Almanag, Tukana i Vestri pochodzących z upraw na terenie Polski. Ponadto, wykazałam obecność w tych warzywach kwasów fenolowych, których występowanie było opisane jedynie dla brokułów [Vallejo i in. 2003; Price i in. 1997]. Chciałabym również podkreślić swój wkład w rozszerzenie warsztatu badawczego całego zespołu o chromatograficzną (HPLC) metodę oznaczania witaminy C, a także wprowadzenie oznaczania potencjału przeciwutleniającego w układzie lipidowym oraz w oparciu o neutralizację anionorodnika ponadtlenkowego

i efektywność „zmiatania” kationorodnika ABTS^{•+}. W ramach kierowanego przeze mnie projektu zakupiono także detektor UV-Vis umożliwiający rejestrację pików przy czterech różnych długościach fali, zamiast przy jednej długości, co pozwoliło na znacznie lepszą charakterystykę badanych warzyw pod względem składu jakościowego związków fenolowych.

Warzywa kapustne są spożywane w formie nieprzetworzonej jako składnik surówek oraz po obróbce kulinarnej i technologicznej, które wpływają na zawartość, aktywność i biodostępność związków o właściwościach przeciwutleniających. Na podstawie wyników opisanych w publikacji **G2** do dalszych badań wybrałam kapustę głowiastą czerwoną odmiany Koda i Kissendrup ze względu na wysoką zawartość witaminy C i związków polifenolowych oraz wysoki potencjał antyoksydacyjny. Warzywo to spożywane jest przeważnie w okresie zimowym w postaci surówek, zaś na terenie Śląska jest nazywane modrą kapustą i przyrządzane na wiele sposobów. Krystyna Bockenheimer w książce „Przy polskim stole” [1999] pisze, iż „modro kapusta” (od gwarowego wyrazu modra – niebieska, wpadająca nawet w kolor fioletowo-czerwony) podawana jest do wielu dań mięsnych, ale najczęściej do rolad wołowych i klusek śląskich. Kapusta głowiasta czerwona zyskała popularność także w województwie kujawsko-pomorskim gdzie jest głównym składnikiem popularnego dodatku do różnych potraw tj. kapusty modrej szmurowanej z rodzynkami (słowo szmurowana pochodzi z języka niemieckiego lub kaszubskiej gwary i oznacza duszenie na tłuszczu z małą ilością wody). Potrawa ta znajduje się na liście produktów tradycyjnych, opublikowanej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi [www.minrol.gov.pl]. Dodatkowo, swoje zainteresowania ograniczyłam do dwóch grup przeciwutleniaczy: witaminy C i związków fenolowych, ze względu na wykazaną w publikacji **G2** dużo niższą zawartość witaminy E i karotenoidów i ich nieznacznym udziałem w potencjale antyoksydacyjnym kapusty czerwonej. Wedle mojej ówczesnej wiedzy, nie prowadzono takich badań dla kapusty czerwonej, a jedynie dla brokułów, kapusty brukselskiej i kalafiora. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiłam w publikacji **G3: Anna Podsędek, Dorota Sosnowska, Małgorzata Redzyna, Maria Koziółkiewicz, 2008. Effect of domestic cooking on the red cabbage hydrophilic antioxidants. International Journal of Food Sciences and Technology, 43, 1770-1777 (IF = 1.065; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 20).**

Celem określenia wpływu obróbki kulinarnej na stabilność witaminy C i związków fenolowych kapusty czerwonej głowiastej odmiany Koda i Kissendrup stosowałam następujące warianty gotowania: tradycyjny począwszy od wrzątku, oraz na parze, które dodatkowo zróżnicowałam pod względem czasu gotowania (5-20 min) i stosunku woda:surowiec (1:1 lub

2:1 v/w). W powyższej pracy dowiodłam, że obróbka kulinarna kapusty czerwonej powodowała obniżenie zawartości oznaczanych przeciwutleniaczy. Ich stabilność zależała od zastosowanej metody gotowania, przy czym najkorzystniejsze było gotowanie na parze, bowiem ugotowane warzywo w odniesieniu do kapusty surowej zawierało od 82 do 100% polifenoli i od 78 do 97% witaminy C w zależności od odmiany kapusty i czasu parowania. W przypadku konwencjonalnego gotowania stwierdzono obniżenie zawartości przeciwutleniaczy w ugotowanym warzywie wraz ze wzrostem czasu gotowania i ilości użytej wody. Najmniej przeciwutleniaczy, średnio o 62% mniej witaminy C oraz o 57% mniej polifenoli niż warzywo surowe, zawierała kapusta gotowana 20 min w podwójnej ilości wody w stosunku do masy warzywa. Niższa zawartość przeciwutleniaczy w jednostce masy kapusty przetworzonej wynikała z obniżenia zawartości suchej masy, dyfuzji hydrofilnych polifenoli i witaminy C do wody oraz degradacji tych związków w wywarze. Powyższe przypuszczenia potwierdziłam sporządzając bilans witaminy C i polifenoli uwzględniający ilości badanych związków w warzywie ugotowanym, wywarze i straty spowodowane ich degradacją. Wyliczone na podstawie bilansu straty witaminy C w czasie gotowania na parze kształtowały się od 2.1 do 8.5% w kapuście czerwonej odmiany Kissendrup oraz w zakresie 15.6-22.7% dla odmiany Koda. Dla porównania, proces parowania powodował utratę 0-19.1% polifenoli, zaś gotowanie w wodzie od 19.1 do 30.9%. Najniższe podane wartości odnoszą się do pięciominutowego parowania, które często stosowane jest w czasie przygotowania surówek i powoduje inaktywację endogennych enzymów oraz zmiękcza kapustę. W tym wariantcie obróbki kulinarnej straty barwników antocyjanowych na poziomie 15.7-20.8% nie skutkowały wizualną zmianą barwy kapusty. Dla porównania, w najmniej korzystnym wariantcie gotowania (20 min w podwójnej ilości wody w stosunku do masy kapusty) ugotowana kapusta charakteryzowała się jaśniejszą barwą niż przed ugotowaniem z powodu wysokiego stopnia degradacji antocyjanów, których straty wynosiły 56.8 i 60.2%, odpowiednio, dla odmiany Kissendrup i Koda.

Podobne zależności jak w przypadku zawartości polifenoli i witaminy C stwierdzono dla potencjału antyoksydacyjnego oznaczanego jako efektywność zmiatania stabilnego kationorodnika ABTS^{•+} i wyrażonego wskaźnikiem TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), odnoszącym aktywność badanej próby do aktywności standardowego przeciwutleniacza tzn. troloxu – rozpuszczalnego w wodzie analogu witaminy E. Najwyższą efektywność zmiatania syntetycznych rodników wykazywały kapusty ugotowane na parze, a najmniejszą - gotowane we wrzątku w czasie 20 min przy stosunku warzywo:woda = 1:2 (w/v). Obróbka kulinarna mimo obniżenia wartości wskaźników TEAC nie miała istotnego

wpływu na zmianę udziału witaminy C i polifenoli w całkowitej pojemności antyoksydacyjnej, w której dominujący udział miały związki fenolowe.

Podsumowując, na omówionym powyżej etapie badań dowiodłam istotnego wpływu warunków obróbki kulinarnej kapusty głowiastej czerwonej na jej potencjał przeciwutleniający, zawartość witaminy C i związków fenolowych, w tym kwasów hydroksybenzoesowych i hydroksycynamonowych oraz antocyjanów. Ponadto, do określenia profilu związków fenolowych zastosowałam nową fazę ruchomą, która pozwoliła na skrócenie czasu analizy chromatograficznej z 70 do 50 min. Z punktu widzenia zachowalności przeciwutleniaczy wykazałam celowość stosowania gotowania kapusty czerwonej na parze. Metoda ta jest rekomendowana także w późniejszych pracach opisujących wpływ różnych metod obróbki kulinarnej na stabilność przeciwutleniaczy i pojemność antyoksydacyjną kapusty czerwonej zebranej w Norwegii [Volden i in., 2008] lub Chinach [Xu i in., 2014]. Z kolei dla kapusty czerwonej uprawianej w Brazylii, Murador ze wsp. [2016] stwierdził, iż 15-minutowe gotowanie na parze skutkowało najmniejszymi zmianami w zawartości antocyjanów i efektywności zmiatania rodnika ABTS^{•+}, ale wyższymi stratami w zawartości związków fenolowych w porównaniu z gotowaniem w wodzie i smażeniem na oleju sojowym.

Prozdrowotne działanie warzyw kapustnych przypisuje się glukozynolanom (głównie aktywność antynowotworową), ale przede wszystkim związkom polifenolowym. Ich pozytywny wpływ na nasze zdrowie wynika m.in. z ochronnego działania na endogenne enzymy antyoksydacyjne, inhibicji aktywności oksydaz i enzymów o działaniu prozapalnym, a także hamowaniu czynników transkrypcyjnych o aktywności prozapalnej [Mężyńska i Brzóska, 2016]. Z właściwościami antyoksydacyjnymi i przeciwzapalnymi związków fenolowych wiąże się także ich działanie na układ sercowo-naczyniowy [Knekt i in., 2002]. Choroby układu krążenia są jedną z głównych przyczyn zwiększonej śmiertelności w krajach wysoko rozwiniętych i coraz częściej poszukuje się alternatywnych sposobów leczenia tej choroby przy użyciu środków naturalnych, które są bezpieczniejsze niż szeroko stosowane statyny i fibraty. Związki polifenolowe, a szczególnie flawonoidy, przy ich wysokim stężeniu we krwi, mają zdolność akumulacji w makrofagach, prowadząc do zmiatania wolnych rodników, co w konsekwencji chroni frakcję niskocząsteczkowych lipoprotein przed utlenieniem i agregacją [Aviram i Fuhrman, 1998]. W ramach projektu Nr PBZ-KBN- 94/PO6/2003/03 pt. „Zmiany aktywności biologicznej składników prozdrowotnych warzyw kapustnych w czasie przetwarzania i składowania”, którego byłam kierownikiem, podjęłam współpracę z Katedrą Biofizyki Skażeń Środowiska Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego celem oceny

aktywności przeciwmiażdżycowej przeciwutleniaczy kapusty czerwonej i brukselskiej. W badaniach biologicznych jako model badawczy stosowano błony komórkowe erytrocytów zbudowane z białek, fosfolipidów, sfingolipidów i cholesterolu. U ludzi chorych na hipercholesterolemię dochodzi do zaburzenia stosunku między cholesterolem a fosfolipidami, w wyniku czego cholesterol wbudowuje się w błonę komórkową erytrocytów. Skutkiem tego jest wzrost deformacji czerwonych krwinek, zwiększenie sztywności błony oraz agregacja erytrocytów i powstawanie zmian miażdżycowych. Zwiększona sztywność błony prowadzi również do zaburzeń w funkcjonowaniu niektórych białek transportowych, które regulują i kontrolują przepływ kationów przez błonę. Efektem współpracy była publikacja **G4: Piotr Duchnowicz, Milena Bors, Anna Podsędek, Maria Koter-Michalak, Marlena Broncel, 2012. Effect of polyphenols extracts from Brassica vegetables on erythrocyte membranes (*in vitro* study). Environmental Toxicology and Pharmacology, 34, 783-790 (IF = 2.005; 20 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 15)**. Moją rolą było przygotowanie i analiza jakościowa i ilościowa otrzymanych ekstraktów, zaś zespół z Uniwersytetu Łódzkiego badał parametry charakteryzujące stopień uszkodzenia lipidów i białek w erytrocytach uzyskanych od ludzi zdrowych i chorych na hipercholesterolemię typu II. Otrzymane przeze mnie metanolowe ekstrakty z kapusty czerwonej i kapusty brukselskiej charakteryzowały się zróżnicowanym składem związków polifenolowych, określonym metodą HPLC. W ciekłym ekstrakcie z kapusty czerwonej dominowały barwniki antocyjanowe (45% całkowitej zawartości polifenoli wynoszącej 1453 mg/l), zaś udziały kwasów hydroksycynamonowych i hydroksybenzoesowych wynosiły odpowiednio 38 i 17%. Dla porównania: w ekstrakcie z kapusty brukselskiej stwierdzono tylko obecność kwasów fenolowych w ilości 807 mg/l, z czego 57% to kwasy hydroksycynamonowe. Wyniki badań *in vitro* z zastosowaniem błon erytrocytów osób z hipercholesterolemią wykazały, iż oba ekstrakty obniżały zawartość cholesterolu i peroksydację lipidów w erytrocytach z podwyższonym poziomem cholesterolu, natomiast powyższych zmian nie obserwowano w erytrocytach grupy kontrolnej. Pomimo obniżenia zawartości cholesterolu błonowego i obniżenia peroksydacji lipidów nie obserwowano zmian w płynności błony plazmatycznej, prawdopodobnie z powodu wbudowywania się polifenoli w błonę komórkową. Aktywność ATPaz błonowych obniżona w erytrocytach osób z hipercholesterolemią ulegała po inkubacji z ekstraktami dalszemu obniżeniu, przy czym silniejsze właściwości inhibicyjne obserwowano dla ekstraktu z kapusty czerwonej.

Reasumując, w powyższej pracy wykazano, iż kapusta czerwona w porównaniu do kapusty brukselskiej, wydaje się być cenniejszym źródłem związków fenolowych o potencjalnym działaniu przeciwmiażdżycowym. Porównanie profilu polifenolowego obu

ekstraktów sugeruje istotną rolę antocyjanów w obserwowanej aktywności kapusty czerwonej.

Aktywność biologiczna przeciwutleniaczy określona metodami *in vitro*, w tym wykazane powyżej działanie przeciwmiażdżycowe, w warunkach *in vivo* zależy od wielu czynników. Szczególnie ważny jest stopień uwolnienia bioaktywnych składników z żywności, przemiany natywnych form zarówno w przewodzie pokarmowym, jak i w innych tkankach i komórkach organizmu. Badania *in vivo* wykazały bardzo niski (0.09-0.18%) odzysk barwników antocyjanowych w moczu ludzi po spożyciu ugotowanej na parze kapusty czerwonej w jednorazowej dawce 100 – 300 gramów [Charron i in., 2007]. Ponadto stwierdzono ponad czterokrotnie niższy odzysk acylowanych barwników w porównaniu z formami nieacylowanymi. Powyższe dane sugerowały albo bardzo niską biodostępność antocyjanów czerwonej kapusty i/lub ich intensywne przemiany do nieznanych metabolitów. Dlatego też w następnym etapie moich badań zastosowałam symulację procesu trawienia w warunkach *in vitro*. Pozwolił on na określenie wpływu pH i odpowiednich enzymów trawiennych na stopień uwalniania badanych związków z matrycy żywnościowej oraz ich stabilność w czasie trawienia. Wpływ procesu trawienia i inkubacji z mikroflorą fekalną na stabilność i aktywność antyoksydacyjną antocyjanów czerwonej kapusty w zależności od matrycy żywnościowej opisałam w publikacji **G5: Anna Podsędek, Małgorzata Redzyna, Elżbieta Klewicka, Maria Koziolkiewicz, 2014. Matrix effects on the stability and antioxidant activity of red cabbage anthocyanins under simulated gastrointestinal digestion, BioMed Research International (open access), ID 365738, 11 stron (IF = 1.579; 20 pkt. MNiSW¹; liczba cytowań – 9)**. Jako materiał badawczy w procesie trawienia stosowałam zhomogenizowaną kapustę czerwoną odmiany Koda oraz ekstrakt wzbogacony w antocyjany, uzyskany po usunięciu polarnych składników kapusty (białka, kwasy, witamina C) oraz kwasów fenolowych i innych flawonoidów na kolumnkach Sep-Pak C18. Stosowany w badaniach proces trawienia *in vitro* obejmował dwa etapy: trawienie żołądkowe (2h w 37°C w pH 2 w obecności pepsyny) i trawienie jelitowe (2.5h, 37°C, pH 7.4 w obecności pankreatyny i soli żółciowych). W przypadku badania związków polifenolowych etap wstępnego trawienia w jamie ustnej, gdzie działają enzymy amylolityczne, jest najczęściej pomijany. Na każdym etapie trawienia prowadzono ekstrakcję polifenoli 70% metanolem, a następnie otrzymane po usunięciu rozpuszczalnika ekstrakty wodne analizowano pod kątem zawartości polifenoli ogółem (metoda Folina-Ciocalteu) oraz składu jakościowego i ilościowego antocyjanów techniką HPLC, a także właściwości antyoksydacyjnych jako efektywność zmiatania kationorodnika ABTS^{•+} i zdolność redukcji jonów żelaza(III) metodą FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Potential).

Moje badania wykazały, że etap trawienia żołądkowego wpływał korzystnie na antocyjany czerwonej kapusty, bowiem zanotowano przyrost ich zawartości o 62.7% w przypadku użycia zhomogenizowanej kapusty oraz ich 100% stabilność w czasie trawienia ekstraktu wzbogaconego w antocyjany. Należy podkreślić, iż w pH 2 antocyjany występują w formie stabilnego czerwonego kationu flawyliowego, zaś przyrost zawartości barwników był prawdopodobnie związany z ich uwolnieniem z połączeń z innymi składnikami stałej matrycy. Z kolei etap trawienia jelitowego skutkowało stratami antocyjanów o 32.3% i aż o 86.8%, odpowiednio, w przypadku całej kapusty i ekstraktu antocyjanowego w porównaniu do ich zawartości po trawieniu żołądkowym. Rozpatrując wartości przed trawieniem i po całkowitym trawieniu, straty antocyjanów wynosiły, odpowiednio, 32.3 i 13.2%. Zanotowane różnice mogą wynikać z ochronnego wpływu innych składników warzywa na antocyjany w czasie trawienia. Zanotowana niska trwałość antocyjanów w pH 7.4 jest związana z ich przemianami strukturalnymi do pseudozasady karbinolowej, chalkonów i zasady chinoidowej [Castañeda-Ovando i in. 2009]. Wysoką stabilność związków fenolowych, w tym także antocyjanów, w środowisku soku żołądkowego, oraz obniżenie ich zawartości w wyniku działania pankreatyny i soli żółciowych oraz wskutek przemian strukturalnych zależnych od zmiany pH, zaobserwowali także inni badacze [Bermudez-Soto i in., 2007; McDougall i in., 2007; Perez-Vicente i in., 2002].

Określenie trwałości poszczególnych antocyjanów wymagało ode mnie ich frakcjonowania z powodu braku wzorców acylowanych antocyjanów, występujących w kapuście czerwonej. Dokonałam tego poprzez rozdział składników ekstraktu wzbogaconego w antocyjany metodą chromatografii kolumnowej na złożu Sephadex LH-20. Identyfikację antocyjanów w uzyskanych frakcjach przeprowadziłam na podstawie mas cząsteczkowych określonych metodą MALDI-TOF, co wykonano w ramach zlecenia w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi. Według danych literaturowych w czerwonej kapuście występuje aż 36 antocyjanów, z których najważniejsze to 3-diglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny i jego formy acylowane kwasem kawowym, ferulowym, *p*-kumarowym, synapinowym, hydroksybenzoesowym oraz szczawiowym. Acylowane pochodne cyjanidyny stanowiły od 78 do 85 % ogólnej zawartości barwników antocyjanowych [Charron i in., 2007; Wu i Prior, 2005; Wu i in., 2006]. Stabilność indywidualnych barwników po procesie trawienia określona w moich badaniach kształtowała się w zakresie 17.96-112.5% w przypadku całej kapusty i w przedziale 2.97-30.88% dla ekstraktu antocyjanowego. Z 13 zidentyfikowanych przeze mnie antocyjanów, w tym 12 acylowanych, najwyższą stabilność w przypadku trawienia warzywa wykazywał 3-(feruoylo- sinapoylo)triglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny, zaś w przypadku ekstraktu mieszanina

3-(sinapoylo)diglukozydu-5-glukozydu cyjanidyny i 3-(glukopyranozylo-sinapoylo)diglukozydu-5-glukozydu cyjanidyny. Z kolei, najmniej trwale okazały się odpowiednio: 3-diglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny lub 3-(feruoylo-sinapoylo)triglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny. McDougall ze wsp. [2007] trawiąc w warunkach *in vitro* ekstrakt oczyszczonych antocyjanów czerwonej kapusty i imitując proces wchłaniania przez ściany jelita z zastosowaniem tuby dializacyjnej stwierdził, że tylko 1.9% barwników przechodzi do krwioobiegu. Sugerowałoby to, że większość antocyjanów po trawieniu w warunkach *in vivo* będzie dalej przesuwana do jelita grubego, gdzie zachodzi ich transformacja pod wpływem bytującej tam mikroflory. Dlatego też, chcąc określić wzajemne interakcje składników kapusty i mikroflory kałowej, podjęłam współpracę z dr inż. Elżbietą Klewicką z Instytutu Mikrobiologii Technicznej naszego Wydziału, która przeprowadziła badania mikrobiologiczne. Po 48 h inkubacji prób po trawieniu zarówno całej kapusty, jak i ekstraktu antocyjanowego z zawiesiną fekalną otrzymaną od 14 zdrowych ochotników, stwierdzono obniżenie ilości wszystkich badanych mikroorganizmów (*Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium* sp., *Clostridium* sp., *Bacteroides* sp., *Enterococcus* sp. i *Entertobacteraceae*). Szczególnie obiecujące wydaje się być nieistotnie statystycznie obniżenie ilości bakterii probiotycznych *Bifidobacterium* sp., które wraz z *Lactobacillus* sp. odpowiadają za homeostazę mikroflory jelitowej. Z drugiej strony, stwierdzono obniżenie ilości *Enterococcus* sp., *Clostridium* sp. i *Entertobacteraceae*, czyli bakterii produkujących enzymy fekalne odpowiedzialne za konwersję endogennych toksyn i genotoksycznych związków do kancerogenów [Wollowski i in. 2001]. Analiza HPLC zawartości 3 monoacylowanych antocyjanów współeluowanych w pikie nr 6 oraz 3 diacylowanych antocyjanów zawartych w pikie nr 7, których ilość była najwyższa po procesie trawienia, wykazała dalszy spadek ich zawartości w obecności mikroflory fekalnej. Po 48 h inkubacji zachowalność monoacylowanych pochodnych 3-glukozydu-5-glukozydu cyjanidyny wynosiła 32-38%, zaś jego diacylowanych form 22-23%. Flora bakteryjna bytująca w okrężnicy przekształca związki polifenolowe w odpowiednie prostsze pochodne, np. kwasy fenolowe i aldehydy, wskutek rozszczepienia wiązania glikozydowego oraz estrowego, a także otwarcia trójwęglowego, heterocyklicznego pierścienia [Fleschhut i in., 2006]. W prezentowanej pracy wykazałam także niekorzystny wpływ przemian antocyjanów zachodzących w czasie trawienia na potencjał antyoksydacyjny treści pokarmowej. Próby po trawieniu całej kapusty wykazywały o 36% i 40% niższy potencjał odpowiednio w metodzie ABTS i FRAP. Dla porównania, w przypadku trawienia ekstraktu antocyjanowego potencjał antyoksydacyjny zmniejszył się odpowiednio o 49 i 50%.

Podsumowując, interesującym i nowatorskim aspektem moich badań przedstawionych w publikacji G5 było sprawdzenie wpływu matrycy żywnościowej na

stabilność barwników antocyjanowych czerwonej kapusty. Zgodnie z moją wiedzą do czasu mojej publikacji, jedynie McDougall ze wsp. [2007] prowadził symulację trawienia ekstraktu antocyjanowego z czerwonej kapusty. W swoich badaniach poddając trawieniu zhomogenizowaną kapustę oraz podobnie jak cytowani Autorzy – ekstrakt antocyjanowy, dowiodłam, że stabilność antocyjanów czerwonej kapusty w czasie symulowanego trawienia w warunkach *in vitro* w znaczącym stopniu zależała od matrycy żywnościowej. Zatem, wyniki uzyskane dla czystych związków, ich mieszanin, bądź wydzielonej grupy związków fenolowych, jak i ekstraktów surowych mogą być nieadekwatne do wyników otrzymanych po trawieniu całych produktów spożywczych, szczególnie tych w formie stałej. Drugim nowatorskim i istotnym aspektem badań opisanych w publikacji G5 było wykazanie wzajemnego wpływu składników strawionej matrycy i mikroflory kałowej, co powinno być uwzględniane w tego typu badaniach. Chciałabym podkreślić, że ograniczanie się do analizy związków fenolowych, z pominięciem wpływu mikroflory kałowej, może prowadzić do nierzetelnych i mało wiarygodnych wyników. Po trzecie, po raz pierwszy wykazałam, że przemiany związków fenolowych zachodzące podczas trawienia czerwonej kapusty obniżają jej potencjał antyoksydacyjny.

Wyniki badań epidemiologicznych oraz badań *in vivo* wskazują na profilaktyczny i terapeutyczny efekt czerwonej kapusty w chorobach przewlekłych, w tym chorobach kardiologicznych oraz niektórych rodzajach nowotworów [Jahangir i in., 2009; Kristal i Lampe, 2002]. Polifenolowe składniki kapusty czerwonej, głównie acylowane antocyjany, wykazywały m.in. działanie hipolipidemiczne [Al-Dosari, 2014], hepatoprotekcyjne [Sankhari i in., 2012], nefroprotekcyjne [Kataya i Hamza, 2008] oraz przeciwzapalne [Lin i in., 2008]. Moja współpraca z naukowcami z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi pozwoliła sprawdzić czy wykazywana w literaturze aktywność przeciwzapalna czerwonej kapusty może być przydatna w leczeniu zapalnych chorób jelit, bowiem badania innych autorów sugerowały korzystny wpływ polifenoli na tłumienie reakcji zapalnej w nieswoistych chorobach zapalnych jelit przez regulację stężenia cytokin oraz enzymów antyoksydacyjnych [Włochal i Grzymisławski, 2016]. Wyniki tych wspólnych interdyscyplinarnych badań zostały opisane w publikacji **G6: Marta Zielińska, Urszula Lewandowska, Anna Podsędek, Adam I. Cygankiewicz, Damian Jacenik, Maciej Sałaga, Radziśław Kordek, Wanda M. Krajewska, Jakub Fichna, 2015. Orally available extract from *Brassica oleracea* var. *capitata rubra* attenuates experimental colitis in mouse models of inflammatory bowel diseases. Journal of Functional Foods, 17, 587-599 (IF = 3.973; 45 pkt. MNiSW; liczba cytowań – 10).**

Badania prowadzono na modelu myszy C57B1/6N, u których chorobę Leśniowskiego-Crohna (CD - Crohn's disease) indukowano za pomocą TNBS (kwas trinitrobenzenosulfonowy), zaś wrzodziejące zapalenie jelita grubego (UC – ulcerative colitis) wywoływano za pomocą DSS (dekstranowy siarczan sodu). Obie choroby należą do tzw. nieswoistych chorób zapalnych jelit o podłożu autoimmunologicznym. Ich leczenie jest bardzo trudne i złożone, co więcej trwa całe życie, przy czym znaczącą rolę w ich leczeniu odgrywa również dieta, która w istotnym stopniu może przedłużyć okres remisji choroby. Sposób przygotowania ekstraktów do tych badań zaczerpnęłam z publikacji Thounaojam i in. [2011]. Opisano w niej wyniki badań toksykologicznych przeprowadzonych na myszach, którym podawano etanolowy (70%) ekstrakt z czerwonej kapusty. Wyniki badań toksyczności ostrej, jak i subchronicznej wykazały, iż dawka letalna (LD_{50}) dla etanolowego ekstraktu czerwonej kapusty wynosi >5 g/kg masy ciała, zaś dawkę NOAEL (poziom niewywołujący dających się zaobserwować szkodliwych skutków) określono na 2 g/kg masy ciała. Uznano zatem, że spożycie etanolowego ekstraktu z kapusty czerwonej w różnych celach medycznych jest bezpieczne. W naszych badaniach dotyczących nieswoistych chorób zapalnych jelit stosowaliśmy dawkę 5 mg ekstraktu/kg masy myszy, podawaną 2 razy dziennie. Liofilizowany ekstrakt etanolowy z czerwonej kapusty odmiany Koda otrzymałam z wydajnością 59.9%. Ponieważ był to tzw. ekstrakt surowy, ilościowo jego głównymi składnikami były cukry i białka (49%). Zawartość związków fenolowych, którym przypisuje się działanie przeciwzapalne, wynosiła 3.20%. Analiza UPLC-ESI/MS oraz HPLC wykazała obecność w ekstrakcie 17 barwników antocyjanowych w sumarycznej ilości 11.358 mg/g ekstraktu. W podawanym myszom etanolowym ekstrakcie kapusty czerwonej dominowały monoacylowane pochodne 3-diglukozydu-5-glukozydu cyjanidyny stanowiące prawie 60% całkowitej zawartości barwników. Dla porównania: udział nieacylowanego 3-diglukozydu-5-glukozydu cyjanidyny wynosił 11.3%, zatem diacylowane antocyjany stanowiły 28.7% puli barwników. Uzyskane na Uniwersytecie Medycznym wyniki badań histopatologicznych i biochemicznych (oznaczenie aktywności mieloperoksydazy, ekspresji mRNA i białek prozapalnych IL-1 β , TNF- α , oraz stężenia nadtlenu wodoru i produktów utleniania lipidów) sugerują możliwość zastosowania tej formy kapusty, czyli etanolowego ekstraktu o zawartości związków fenolowych 3.2%, w leczeniu pacjentów cierpiących na nieswoiste choroby zapalne jelit. **W publikacji G6 po raz pierwszy opisano w literaturze światowej przeciwzapalne działanie składników czerwonej kapusty w modelu zwierzęcym choroby Crohna oraz wrzodziejącego zapalenia jelita grubego. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania tego warzywa w diecie pacjentów cierpiących na te choroby.**

Innym prozdrowotnym aspektem spożywania kapusty czerwonej głowiastej, którym postanowiłam się zająć, było jej potencjalne zastosowanie w profilaktyce i terapii otyłości oraz cukrzycy typu 2, stanowiących obecnie główne problemy zdrowotne współczesnego świata. Jedną z strategii korzystnego działania w tym kierunku metabolitów roślinnych, w tym szczególnie, związków fenolowych, polega na obniżeniu stopnia wchłaniania lipidów i węglowodanów z pożywienia poprzez inhibicję aktywności enzymów trawiennych. Lipaza trzustkowa (EC 3.1.1.3) jest głównym enzymem lipolitycznym obecnym w naszym organizmie, bowiem odpowiada ona za hydrolizę 50-70% spożytych tłuszczów [Birari i Bhutani, 2007]. Jest ona enzymem działającym specyficznie na pierwszorzędowe wiązania estrowe i dlatego też 2-monoacyloglicerole oraz wolne kwasy tłuszczowe są głównymi końcowymi produktami trawienia triacygliceroli. Z kolei α -amylaza (4-glukanohydrolaza α -1,4 glukanu, EC 3.2.1.1) jest endohydrolazą występującą w soku trzustkowym, katalizującą rozkład cząsteczki skrobi do krótszych oligosacharydów [de Sales i in. 2012]. Natomiast α -glukozydaza (glukohydrolaza α -D glukozy, EC 3.2.1.20) jest enzymem komórek rąbka szczoteczkowego jelita i uwalnia glukozę z nieredukującego końca substratów [Li i in., 2005]. Według mojej wiedzy, tylko kilka doniesień dotyczy wpływu składników warzyw na aktywność lipazy [Fabroni i in., 2016], bądź α -glukozydazy i α -amylazy [Kawada i in., 2006; Mai i in., 2007; Matsui i in., 2001, 2002; Zakłós-Szyda i in., 2015]. Na przykład, Matsui ze wsp. [2001] stwierdził wysoką aktywność inhibicyjną ekstraktu antocyjanowego z czerwonej kapusty wobec szczurzej α -glukozydazy i brak oddziaływania na ludzką α -amylazę ślinową. Słabą aktywność inhibicyjną składników czerwonej kapusty w stosunku do α -amylazy, ale średnią wobec α -glukozydazy w porównaniu do fitozwiązków owoców podaje Zakłós-Szyda ze wsp. [2015]. Z kolei Fabroni i in. [2016] wykazał niską efektywność hamowania aktywności wieprzowej lipazy trzustkowej przez składniki etanolowych ekstraktów z surowców zawierających acylowane antocyjany (czerwona kapusta, fioletowy kalafior, czarna fasola, łuski czarnego ryżu) w porównaniu z ekstraktami owoców zawierającymi nieacylowane barwniki. Ze względu na nieliczne i niejednoznaczne dane literaturowe oraz szczególną zasobność czerwonej kapusty w acylowane antocyjany postanowiłam zbadać wpływ jej składników na aktywność enzymów trawiennych degradujących węglowodany i lipidy. Uzyskane wyniki opisałam w publikacji **G7: Anna Podsędek, Iwona Majewska, Alicja Z. Kucharska, 2017. Inhibitory potential of red cabbage against digestive enzymes linked to obesity and type 2 diabetes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65, 7192-7199 (IF² = 3.154; 45 pkt. MNiSW³; liczba cytowań – 0).**

Badania obejmowały oznaczenie aktywności wieprzowej lipazy trzustkowej, wieprzowej α -amylazy trzustkowej i szczurzej α -glukozydazy jelitowej w obecności składników wydzielonych z 5 odmian zliofilizowanej czerwonej kapusty z zastosowaniem 70% metanolu.

Powyższy czynnik ekstrahujący używałam we wcześniejszych badaniach opisanych w publikacjach **G2-G4**. Wyznaczone wartości IC_{50} , określające stężenie suchej masy kapusty w 1 ml mieszaniny reakcyjnej, powodujące obniżenie aktywności badanego enzymu o 50% kształtowało się w zakresie 1.57-4.10 mg/ml dla lipazy, od 69 do 119 mg/ml dla α -amylazy oraz w przedziale 3.87–7.07 mg/ml dla α -glukozydazy. Kapusta czerwona odmiany Koda okazała się najaktywniejszym inhibitorem w stosunku do lipazy oraz α -glukozydazy, zaś kapusta odmiany Kissendrup najlepiej hamowała aktywność α -amylazy. Zróznicowanie aktywności inhibicyjnej badanych odmian kapust mogło wynikać z różnej całkowitej zawartości antocyjanów i innych związków fenolowych, a także ich składu jakościowego oraz obecności w ekstraktach innych niefenolowych składników warzywa. Ilość zidentyfikowanych metodą UPLC-MS antocyjanów, będących pochodnymi cyjanidyny, wahała się od 19 w odmianie Kalibos do 21 w odmianie Haco. W odmianach Kalibos, Koda i Langedijker ilościowo dominował 3-diglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny, zaś w odmianie Koda 3-(sinapoylo)(sinapoylo)-diglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny, a w odmianie Kissendrup 3-(*p*-kumaroylo)-diglukozyd-5-glukozyd cyjanidyny. Wyliczone współczynniki korelacji Pearsona wskazywały jedynie na średnią korelację aktywności inhibicyjnej kapust wobec enzymów glikolitycznych, wyrażonej jako IC_{50} , z zawartością antocyjanów i polifenoli ($-0.413 \leq r \leq -0.655$) i brak korelacji w odniesieniu do lipazy. Ponadto, stwierdziłam silną korelację ($r > 0.7$) aktywności anty-amylazowej kapust z zawartością mono- i diacylowanych antocyjanów, zaś aktywności anty-glukozydazowej tylko z zawartością diacylowanych form barwników. Ponadto, przeprowadzone badania potwierdziły dużo niższą aktywność inhibicyjną kapusty czerwonej w stosunku do lipazy w porównaniu z orlistatem (syntetyczny inhibitor lipazy, lek stosowany w leczeniu otyłości) i akarbozą (lek przeciwcukrzycowy hamujący aktywność α -glukozydaz). Oznaczone wartości IC_{50} dla w/w leków wynosiły 0.70 ng/ml, 32 μ g/ml oraz 0.50 mg/ml, odpowiednio dla lipazy, α -amylazy oraz α -glukozydazy. Przeprowadzone badania potwierdziły obecność w ekstraktach czerwonej kapusty przeciwutleniaczy zdolnych do neutralizacji kationorodnika ABTS^{•+} oraz redukcji jonów żelaza(III), a także silną korelację ($r > 0.73$) pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą i zawartością polifenoli, antocyjanów oraz zawartością ich form nieacylowanych i acylowanych. Określenie potencjału antyoksydacyjnego jest bardzo ważne w tego typu badaniach, ponieważ otyłości oraz cukrzyca typu 2 towarzyszy stres oksydacyjny [McMurray i in., 2016].

Podsumowując, w publikacji G7 po raz pierwszy opisano w literaturze światowej kompleksowe badania dotyczące wpływu składników czerwonej kapusty na enzymy

trawienne istotne w aspekcie profilaktyki i leczenia otyłości i cukrzycy typu 2. Kompleksowość i innowacyjność pracy polegała na zastosowaniu w moich badaniach zarówno wieprzowej lipazy trzustkowej, wieprzowej α -amylazy trzustkowej i szczurzej α -glukozydazy jelitowej, a także aż pięciu odmian czerwonej kapusty głowiastej, co pozwoliło na wykazanie wpływu zróżnicowania odmianowego kapust w stosunku do badanych enzymów. Niższe wartości IC_{50} uzyskane dla surowych ekstraktów w porównaniu do danych opublikowanych dla ekstraktów z nasion roślin strączkowych [Sreerama i in. 2012; Zhang i in. 2015], mogą wskazywać na kapustę czerwoną jako potencjalny czynnik przeciwotyłościowy i przeciwcukrzycowy. Ponadto, w przeciwieństwie do potencjału antyoksydacyjnego, wysokiej zawartości związków fenolowych i antocyjanów nie odpowiada wysoka aktywność inhibicyjna w stosunku do lipazy oraz enzymów glikolitycznych.

Do najbardziej znaczących i interesujących, w mojej ocenie, rezultatów badań opisanych w przedstawionym do oceny cyklu prac (G1-G7) należy:

- wzbogacenie bazy danych dotyczących warzyw kapustnych o zawartości witamin antyoksydacyjnych (C i E), barwników karotenoidowych i związków polifenolowych kapust głowiastych uprawianych w Polsce,
- wykazanie wysokiego potencjału przeciwutleniającego kapusty głowiastej czerwonej oznaczonego z wykorzystaniem różnych układów pomiarowych,
- wykazanie po raz pierwszy wpływu parametrów obróbki kulinarnej kapusty czerwonej na trwałość hydrofilowych przeciwutleniaczy i na potencjał przeciwutleniający warzywa,
- wykazanie po raz pierwszy wpływu matrycy żywnościowej na stabilność barwników antocyjanowych i potencjał antyoksydacyjny przeciwutleniaczy czerwonej kapusty w warunkach symulowanego *in vitro* trawienia żołądkowo-jelitowego i pod wpływem mikroflory fekalnej,
- wykazanie zróżnicowania odmianowego kapusty czerwonej pod względem inhibicji enzymów trawiennych zaangażowanych w trawienie tłuszczów i węglowodanów,
- wskazanie na brak korelacji pomiędzy zawartością związków fenolowych i barwników antocyjanowych w czerwonej kapuście a aktywnością inhibicyjną wobec lipazy, α -amylazy oraz α -glukozydazy, zaś potwierdzenie wysokiej korelacji tych parametrów z potencjałem przeciwutleniającym,

- wskazanie możliwości potencjalnego zastosowania kapusty czerwonej w leczeniu dietetycznym, jak i do otrzymania naturalnych środków terapeutycznych przydatnych w hipercholesterolemii, otyłości i cukrzycy typu 2, nieswoistych chorobach zapalnych jelit.

Cytowana literatura:

1. Ahmadiani N., Robbins R.J., Collins T.M., Giusti M.M., **2014**. Anthocyanins contents, profiles, and color characteristics of red cabbage extracts from different cultivars and maturity stages. *J. Agric. Food Chem.*, 62, 7524-7531.
2. Ahmed M., Eun J-B., **2017**. Flavonoids in fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, DOI: 10.1080, p.1-30.
3. Al-Dosari M., **2014**. Red cabbage (*Brassica oleracea* L.) mediates redox-sensitive amelioration of dyslipidemia and hepatic injury induced by exogenous cholesterol administration. *Am. J. Chinese Med.*, 42(1), 189-206.
4. Arapitsas P., Sjöberg P. J. R., Turner C., **2008**. Characterisation of anthocyanins in red cabbage using high resolution liquid chromatography coupled with photodiode array detection and electrospray ionization-linear ion trap mass spectrometry. *Food Chem.*, 109, 219-226.
5. Aviram M., Fuhrman B., **1998**. Polyphenolic flavonoids inhibit macrophage-mediated oxidation of LDL and attenuate atherogenesis. *Atherosclerosis*, 137, S45-S50.
6. Bahorun T., Luximon-Ramma A., Crozier A., Aruoma O.I., **2004**. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J. Sci. Food Agric.*, 84, 1553-1561.
7. Bermudez-Soto M.J., Tomas-Barberan FA., Garcia-Conesa M.T., **2007**. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. *Food Chem.*, 102, 865-874.
8. Birari R.B., Bhutani K.K., **2007**. Pancreatic lipase inhibitors from natural sources: unexplored potential. *Drug Discovery Today*, 12, 879-889.
9. Bockenheimer K. **1999**. Przy polskim stole. Wyd. Dolnośl. sp. z o.o., Wrocław, 6-7.
10. Carbonell-Capella J.M., Bniowska M., Barba F.J., Esteve M.J., Frigola A., **2014**. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 13, 15-171.
11. Castañeda-Ovando A., de Lourdes Pacheco-Hernández M., Páez-Hernández M. E., Rodríguez J. A., Galán-Vidal C. A., **2009**. Chemical studies of anthocyanins; A review. *Food Chem.* 113, 859-871.
12. Charron C.S., Clevidence B.A., Britz S.J., Novotny J.A., **2007**. Effect of dose size on bioavailability of acylated and nonacylated anthocyanins from red cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. *capitata*). *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5354-5362.
13. Chu Y-H, Chang C-L., Hsu H-F., **2000**. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 561-566.
14. De Sales P.M., de Souza P.M., Simeoni L.A., de Oliveira Magalhães P., Silveira D., **2012**. α -Amylase inhibitors: A review of raw material and isolated compounds from plant source. *J. Pharmacol. Pharm. Sci.*, 15, 141-183.
15. Dyrby M., Westergaard N., Stapelfeldt H., **2001**. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model system. *Food Chem.*, 72, 431-437.
16. Fabroni S., Ballistreri G., Amenta M., Romeo F. V., Rapisarda P., **2016**. Screening of the anthocyanin profile and *in vitro* pancreatic lipase inhibition by anthocyanin-containing extracts of fruits, vegetables, legumes and cereals. *J. Sci. Food Agric.*, 96, 4713-4723.
17. Fleschhut J., Kratzer F., Rechkemmer G., Kulling S., **2006**. Stability and biotransformation of various dietary anthocyanins *in vitro*. *Eur. J. Nutr.*, 45, 7-18.
18. Francisqueti F.V., Chiaverini L.C.T., dos Santos K.C., Minatel I.O., Ronchi C.B., Ferron A.J.T., Ferreira A.N.A., Correa C.R., **2017**. The role of oxidative stress on the pathophysiology of metabolic syndrome. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 63, 85-91.

19. Gupta D., **2015**. Methods for determination of antioxidant capacity: A review. *Inter. J. Pharm. Sci. Res.*, 6(2), 546-566.
20. Jahangir M., Kim H.K., Choi Y.H., Verpoorte R., **2009**. Health-affecting compounds in Brassicaceae. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 8, 31-43.
21. Kapusta F., **2014**. Produkcja i przetwórstwo warzyw w Polsce na początku XXI wieku. *Nauki Inz. Technol.*, 1(12), 43-58.
22. Kapusta-Duch J., Kopeć A., Piątkowka E., Borczak B., Leszczyńska T., **2012**. The beneficial effects of Brassica vegetables on human health. *Rocz. Panstw. Zakł. Hig.*, 63(4), 389-395.
23. Kataya H.A., Hamza A.A., **2008**. Red cabbage (*Brassica oleracea*) ameliorates diabetic nephropathy in rats. *J. Evidenc.-Based Complementary Altern. Med.*, 5, 281-287.
24. Kaulmann A., Jonville M-C., Schneider Y-J., Hoffmann L., Bohn T., **2014**. Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of Brassica oleraceae and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food Chem.*, 155, 240-250.
25. Kawada Y., Miura M., Gomyo T., **2006**. Inhibitory effect of vegetables, fruits and herbs on α -glucosidase in an immobilized enzyme assay system. *Food Sci. Technol. Res.*, 12, 275-277.
26. Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A., Halulinen T., Aromaa A., **2002**. Flavonoids intake and risk of chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76, 560-568.
27. Kristal A.R., Lampe J.W., **2002**. Brassica vegetables and prostate cancer risk: A review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer*, 4291, 1-9.
28. Li Y., Wen S., Kota B.P., Peng G., Li G.Q., Yamahara J., Roufogalis B.D., **2005**. *Punica granatum* flower extract, a potent alpha-glucosidase inhibitor, improves postprandial hyperglycemia in Zucker diabetic fatty rats. *J. Ethnopharmacol.*, 99, 239-244.
29. Lin J-Y., Li C-Y., Hwang I-F., **2008**. Characterisation of the pigment components in red cabbage (*Brassica oleracea* L. var.) juice and their antiinflammatory effects on LPS-stimulated murine splenocytes. *Food Chem.*, 109, 71-781.
30. Lo Scalzo R., Genna A., Branca F., Chedin M., Chassaigne H., **2008**. Anthocyanin composition of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and cabbage (*B. oleracea* L. var. capitata) and its stability in relation to thermal treatments. *Food Chem.*, 107, 136-144.
31. Mai T.T., Thu N.N., Tien P.G., Chuyen N.V., **2007**. Alpha-glucosidase inhibitory and antioxidant activities of Vietnamese edible plants and their relationships with polyphenol contents. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 53, 267-276.
32. Matsui T., Ebuchi S., Kobayashi M., Fukui K., Sugita K., Terahara N., Matsumoto K., **2002**. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin from *Ipomea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved by through the α -glucosidase inhibitory action. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 7244-7248.
33. Matsui T., Ueda T., Oki T., Sugita K., Terahara N., Matsumoto K., **2001**. α -Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 2. α -Glucosidase inhibition by isolated acylated anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 1952-1956.
34. McDougall G.J., Fyffe S., Dobson P., Stewart D., **2007**. Anthocyanins from red cabbage – stability to simulated gastrointestinal digestion. *Phytochemistry*, 68, 1285-1294.
35. McMurray F., Patten D.A., Harper M-E., **2016**. Reactive oxygen species and oxidative stress in obesity – recent findings and empirical approaches. *Obesity*, 24, 2301-2310.
36. Mężyńska M., Brzóska M.M., **2016**. Związki polifenolowe w leczeniu i profilaktyce wybranych chorób cywilizacyjnych – dowody z badań epidemiologicznych. *Pol. Przegl. Nauk Zdr.*, 3(48), 269-276.
37. Murador D.C., Mercadante A.Z., de Rosso V.V., **2016**. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food Chem.*, 196, 1101-1107.
38. Murawska A., **2016**. Zmiany w spożyciu warzyw w Polsce w kontekście zrównoważonej konsumpcji. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Rocz. Nauk.*, XVIII(3), 262-267.
39. Nielsen J.K., Nørbaek R., Olsen C.E., **1998**. Kaempferol tetraglucosides from cabbage leaves. *Phytochemistry*, 49, 2171-2176.
40. Park S., Arau M.V., Jiang N., Choi S-H., Lim Y.P., Park J-T., Al-Dhabi N.A., Kim S-J., **2014**. Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Ind. Crops Prod.*, 60, 8-14.

41. Pem D., Jeewon R., **2015**. Fruit and vegetable intake: benefits and progress of nutrition education interventions – Narrative review article. *Iran J. Public Health*, 44(10), 1309-1321.
42. Perez-Vicente A., Gil-Izquierdo A., Garcia-Viguera C., **2002**. In vitro gastrointestinal digestion study of pomegranate juice phenolic compounds, anthocyanins, and vitamin C. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 2308-2312.
43. Plumb G.W., Lambert N., Chambers S.J., Wanigatunga S., Heaney R.K., Plumb J.A., Aruoma O.I., Halliwell B., Miller N.J., Williamson G., **1996**. Are whole extracts and purified glucosinolates from cruciferous vegetables antioxidants?. *Free Rad. Res.*, 25, 75-86.
44. Podśędek A., Majewska I., Redzyna M., Sosnowska D., Koziolkiewicz M., **2014**. In vitro inhibitory effect on digestive enzymes and antioxidant potential of commonly consumed fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 62, 4610-4617.
45. Price K.R., Casuscelli F., Colquhoun I.J., Rhodes M.J.C., **1997**. Hydroxycinnamic acid esters from broccoli florets. *Phytochemistry*, 45, 1683-1687.
46. Price K.R., Casuscelli F., Colquhoun I.J., Rhodes M.J.C., **1998**. Composition and content of flavonol glycosides in broccoli florets (*Brassica oleracea*) and their fate during cooking. *J. Sci. Food Agric.*, 77, 468-472.
47. Radziejewska-Kubzdela E., Biegańska-Marecik R., **2015**. A comparison of the composition and antioxidant capacity of novel beverages with addition of red cabbage in the frozen, puree and freeze-dried forms. *LWT – Food Sci. Technol.*, 62, 821-829.
48. Sankhari J.M., Thounaojam M.C., Jadeja R.N., Devkar R.V., Ramachandran A.V., **2012**. Anthocyanin-rich red cabbage (*Brassica oleracea* L.) extract attenuates cardiac and hepatic oxidative stress in rats fed an atherogenic diet. *J. Sci. Food Agric.*, 92, 1688-1693.
49. Slavin J.I., Lloyd B., **2012**. Health benefits of fruits and vegetables. *Adv. Nutr.*, 3, 506-516.
50. Soengas P., Sotelo T., Velasco P., Cartea M.E., **2011**. Antioxidant properties of *Brassica* vegetables. *Funct. Plant Sci. Biotechnol.*, 5(Special issue 2), 43-55.
51. Sreerama Y.N., Takahashi Y., Yamaki K., **2012**. Phenolic antioxidants in some *Vigna* species of legumes and their distinct inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase activities. *J. Food Sci.*, 77, C927-C933.
52. Thounaojam M., Jadeja R.N., Sankhari J.M., Devkar R.V., Ramachandran A.V., **2011**. Safety evaluations on ethanolic extract of red cabbage (*Brassica oleracea* L.) in mice. *J. Food Sci.*, 76(1), T35-T39.
53. Vallejo F., Tomas-Barberan F., Garcia-Viguera C., **2003**. Health-promoting compounds in broccoli as influenced by refrigerated transport and retail sale period. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3029-3034.
54. Volden J., Borge G.I.A., Bengtsson G.B., Hansen M., Thygesen I.E., Wicklund T., **2008**. Effect of thermal treatment of glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* F. *rubra*). *Food Chem.*, 109, 595-605.
55. Wiczowski W., Topolska J., Honke J., **2014**. Anthocyanins profile and antioxidant capacity of red cabbage are influenced by genotype and vegetation period. *J. Funct. Foods*, 7, 201-211.
56. Wiczowski W., Szawara-Nowak D., Topolska J., **2013**. Red cabbage anthocyanins: Profile, isolation, identification, and antioxidant activity. *Food Res. Intern.*, 51, 303-309.
57. Włochal M., Grzymisławski M., **2016**. Nowe trendy leczenia żywieniowego w przypadku nieswoistych chorób zapalnych jelit. *Piel. Zdr. Publ.*, 6(2), 149-158.
58. Wollowski I., Rechkemmer G., Pool-Zobel B.L., **2001**. Protective role of probiotics and prebiotics in colon cancer. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73(2 Suppl.), 451S-455S.
59. Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D., Gebhardt S.E., Prior R.L., **2004**. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 4026-4037.
60. Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D., Gebhardt S.E., Prior R.L., **2006**. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4069-4075.
61. Wu X., Prior R.L., **2005**. Identification and characterization of anthocyanins by high - performance liquid chromatography - electrospray ionization - tandem mass spectrometry in

- common foods in the United States: vegetables, nuts, and grains. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 3101-3113.
62. Xu F., Zheng Y., Yang Z., Cao S., Shao X., Wang H., **2014**. Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chem.*, 161, 162-167.
63. Zakłós-Szyda M., Majewska I., Redzynia M., Koziółkiewicz M., **2015**. Antidiabetic effect of polyphenolic extracts from selected edible plants as α -amylase, α -glucosidase and PTP1B inhibitors, and β pancreatic cells cytoprotective agents – A comparative study. *Curr. Top. Med. Chem.*, 15, 2431-2444.
64. Zhang B., Deng Z., Ramdath D.D., Tang Y., Chen P.X., Liu R., Liu R.Q., Tsao R., **2015**. Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chem.*, 172, 862-872.

6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Jestem absolwentką Wydziału Chemii Spożywczej (obecnie Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności) Politechniki Łódzkiej. Studia ukończyłam w 1988 roku uzyskując tytuł magistra inżyniera chemika, specjalność chemia i technologia spożywcza. Pracę magisterską wykonałam w Instytucie Biochemii Technicznej pod kierunkiem prof. dr hab. Jadwigi Wilskiej-Jeszka nt. „Kinetyka przemian antocyjanów w obecności aldehydu octowego i katechiny”. Miesiąc po skończeniu studiów podjęłam swoją pierwszą pracę jako stażystka, a następnie chemik w Zakładzie Bromatologii Akademii Medycznej w Łodzi. Do moich obowiązków należało przygotowanie i obsługa techniczna zajęć laboratoryjnych dla studentów. Brałam również udział w pracach badawczych prowadzonych w Zakładzie, których efektem była publikacja oryginalna z listy czasopism B (Załącznik 4, pozycja D1).

Rok później otrzymałam od prof. J. Wilskiej-Jeszka propozycję podjęcia pracy na etacie asystenta w Zespole Technologii Produktów Owocowych i Warzywnych, w którym wcześniej wykonywałam pracę dyplomową i z dniem 01.09.1989 r. na zasadzie porozumienia stron, rozpoczęłam pracę w Instytucie Biochemii Technicznej Politechniki Łódzkiej, gdzie pracuję do chwili obecnej. W pierwszych miesiącach pracy najwięcej czasu poświęciłam na realizację procesu dydaktycznego, bowiem już od października prowadziłam zajęcia laboratoryjne z Technologii produktów owocowych i warzywnych, a następnie opiekowałam się magistrantami wykonującymi pracę pod kierunkiem prof. J. Wilskiej-Jeszka. Uczestniczyłam także w pracach eksperymentalnych dotyczących optymalizacji pozyskiwania barwników antocyjanowych z owoców i wycisków w ramach projektu 5 S 30703304 pt. „Stabilność i stabilizacja barwników antocyjanowych dla przemysłu spożywczego” finansowanego przez Komitet Badań Naukowych (KBN) i realizowanego w latach 1993-1994. Ze względu na to, iż antocyjany były przedmiotem badań i rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa Zajęca, swoje zainteresowania naukowe skupiałam na flawanolach, które, podobnie jak antocyjany, należą do

flawonoidów, zaliczanych do związków polifenolowych. Mogą one występować zarówno w formie monomerów, inaczej katechin, jak i form spolimeryzowanych znanych pod nazwą proantocyjanidyn lub tanin skondensowanych. Występują one głównie w owocach, natomiast w warzywach - tylko w rabarbarze, a także są składnikiem nasion roślin strączkowych. Skład i przemiany tych związków mają duży wpływ na kształtowanie cech organoleptycznych produktów spożywczych, nadają im cierpkość i gorzkość, a także odgrywają znaczną rolę w procesach enzymatycznego brunatnienia. Ze względu na wysoką reaktywność chemiczną, jak i bardzo duże zróżnicowanie struktur i mas cząsteczkowych flawanole były i są nadal jedną z najtrudniejszych do badań grup wśród związków fenolowych. Swoje badania prowadziłam częściowo w ramach projektu 5 P06G03510 „Taniny skondensowane - występowanie, przemiany i interakcje, wpływ na jakość produktów owocowych” finansowanego przez KBN, realizowanego w latach 1996-1998, w którym byłam wykonawcą. Efektem tych badań była moja rozprawa doktorska pt. „Charakterystyka i właściwości katechin i proantocyjanidyn owoców”, której promotorem była prof. dr hab. Jadwiga Wilska-Jeszka. Obrona pracy doktorskiej odbyła się 17.04.1998 r. Jako najważniejsze osiągnięcia pracy doktorskiej uważam zweryfikowanie metod kolorymetrycznych stosowanych do oznaczania ogólnej zawartości flawanoli, pod kątem ich wiarygodności przy stosowaniu do analizy katechin i proantocyjanidyn w owocach; zanalizowanie składu i zawartości katechin i proantocyjanidyn w kilkunastu gatunkach i odmianach owoców rosnących w Polsce oraz wydzielenie z owoców bogatych we flawanole głównych frakcji oligomerów proantocyjanidyn i określenie ich podatności na enzymatyczne brunatnienie oraz aktywności antyoksydacyjnej metodą DPPH. Wyniki tych prac zostały opublikowane w 1 publikacji oryginalnej (Załącznik 4, pozycja A2) i zaprezentowane na konferencjach krajowych w formie 2 referatów (Załącznik 4, pozycje J3 i J4) i 2 posterów (Załącznik 4, pozycje K2 i K3), a także na 4 konferencjach międzynarodowych w formie posterów (Załącznik 4, pozycje K47-K50).

W maju 1999 r. urodziłam córkę i do września tego roku przebywałam na urlopie macierzyńskim. Po powrocie do pracy nadal kontynuowałam badania związane z naturalnymi związkami fenolowymi, starając się przede wszystkim poszerzyć swój warsztat badawczy o nowe zagadnienia i nowe metody analityczne. Po odejściu prof. dr hab. Jadwigi Wilskiej-Jeszka na emeryturę dyrektor Instytutu Biochemii Technicznej prof. dr hab. Stanisław Bielecki z dniem 10.04.2000 r. powierzył mi obowiązki II Koordynatora Zespołu Naukowego Biochemii Żywności. Nadzór naukowy nad zespołem sprawowała prof. dr hab. Marianna Turkiewicz. Od października 2001 roku nadzór naukowy nad Zespołem Biochemii Żywności przejęła prof. dr hab. Maria Koziółkiewicz specjalizująca się do tej pory w badaniach dotyczących chemii

i biochemii kwasów nukleinowych. Pani Profesor zajęła się organizacją Laboratorium Hodowli Komórkowych, co w niedługim czasie zaowocowało poszerzeniem tematyki badawczej naszego zespołu o właściwości przeciwnowotworowe surowców roślinnych, a w późniejszym okresie także o analizowanie na poziomie komórkowym ich aktywności przeciwotyłościowej i przeciwcukrzycowej. W związku z rozszerzeniem tematyki badawczej zespołu, prof. M. Koziółkiewicz pozostawiła w moich rękach kierowanie badaniami dotyczącymi analizy składu jakościowego i ilościowego, określania przemian i wybranych aktywności biologicznych fitozwiązków.

Prowadzone przeze mnie prace badawcze po uzyskaniu stopnia doktora mieszczą się w następujących obszarach tematycznych:

- Badanie składu i właściwości przeciwutleniających żywności i suplementów diety pochodzenia roślinnego (p. 6.1),
- Poszukiwanie surowców roślinnych wykazujących właściwości kardioprotekcyjne (p. 6.2),
- Charakterystyka surowców roślinnych o aktywności antynowotworowej (p. 6.3),
- Analiza składu ekstraktów roślinnych o działaniu przeciwdrobnoustrojowym (p. 6.4)
- Możliwości zastosowania surowców roślinnych w kosmetologii (p. 6.5)
- Badanie wpływu fitozwiązków na enzymy trawienne (p. 6.6).

6.1. Badanie składu i właściwości przeciwutleniających żywności i suplementów diety pochodzenia roślinnego

Żywność pochodzenia roślinnego, oprócz podstawowych składników odżywczych dostarcza człowiekowi wielu cennych związków wpływających korzystnie na nasze zdrowie. Szczególnie cenne są fitozwiązki wykazujące właściwości przeciwutleniające, które wspomagają endogenne systemy antyoksydacyjne organizmu w walce z reaktywnymi formami tlenu. Moje zainteresowania naukowe skupiają się głównie na związkach fenolowych, które kiedyś były postrzegane jako antyżywnościowe składniki żywności bez korzystnego wpływu na nasze zdrowie. Z kolei, z surowców roślinnych najbliższe są mi owoce i warzywa ze względu na swoją różnorodność, możliwość wielokierunkowego zastosowania w żywieniu, a także propagowanie ich spożycia przez żywieniowców i lekarzy. Niemniej jednak, moje zainteresowania naukowe dotyczą także innych surowców, jak zielona herbata, kawa, surowce zielarskie oraz roślinne surowce odpadowe. Skład ilościowy i jakościowy bardzo zróżnicowanych strukturalnie związków fenolowych oznaczam zarówno w nieprzetworzonych surowcach, jak i produktach handlowych, a także w odpadowych surowcach przemysłu spożywczego. W swoich badaniach

stosuję różnorakie metody spektrofotometryczne w celu oznaczenia zawartości związków fenolowych ogółem, flawonoidów, barwników antocyjanowych, flawanoli, proantocyjanidyn, a także barwników karotenoidowych. Profil polifenolowy oznaczam techniką HPLC, którą stosuję także do określenia zawartości witaminy C i α -tokoferolu. Do rozdziału i oczyszczania składników fenolowych wykorzystuję różne metody, tj. ekstrakcję typu ciec-ziec, ekstrakcję do fazy stałej (SPE) z użyciem kolumnienek Sep-Pak C18 oraz kolumnową chromatografię cieczową na złożach Sephadex LH-20 oraz Toyopearl HW-40. Warsztat badawczy związany z potencjałem antyoksydacyjnym w/w materiału badawczego ulegał ciągłemu rozszerzeniu, ale i modyfikacji. W badaniach związanych z pracą doktorską oznaczałam tylko redukcyjność ogólną metodą z żelazicyjankiem potasu i błękitem pruskim oraz efektywność zmiatania syntetycznego rodnika DPPH[•]. W chwili obecnej w swoich badaniach stosuję również metodę ABTS, FRAP, ORAC, określam efektywność zmiatania rodnika hydroksylowego, anionorodnika ponadtlenkowego, a także efektywność zapobiegania i opóźniania autooksydacji emulsji kwasu linolowego. Efektem moich zainteresowań związkami pochodzenia roślinnego, szczególnie tych o korzystnym oddziaływaniu na nasze zdrowie są rozdziały w książkach mojego autorstwa lub współautorstwa (Załącznik 4, pozycje C1-C4). Ponadto, jestem współautorem 1 publikacji oryginalnej, 1 przeglądowej i 1 rozdziału w monografii (Załącznik 4, pozycje A5, C6, D2) oraz referatu, komunikatu i posteru zaprezentowanych na konferencjach krajowych (Załącznik 4, pozycje J11, K4, K12). Doniesienia konferencyjne dotyczyły biodostępności związków fenolowych, aspektów metodycznych oznaczania tanin oraz aktywności antyoksydacyjnej różnych związków fenolowych, ze szczególnym uwzględnieniem flawonoidów.

Przedmiotem moich zainteresowań oprócz popularnych owoców jadalnych były również owoce opisywane w literaturze jako bogate źródło przeciwutleniaczy polifenolowych. W tej grupie znalazły się owoce derenia i rokitnika, które ze względu na specyficzne walory smakowe nie mają wielu zwolenników. Jednakże mogą one stanowić dodatek wzbogacający do innych przetworów celem zwiększenia ich walorów zdrowotnych, bądź być wykorzystane do produkcji suplementów diety. Wyniki naszych badań wykazały różnorodność odmianową owoców pod względem składu i potencjału antyoksydacyjnego oznaczanego metodą ABTS i FRAP. Analiza techniką HPLC 4 odmian derenia (Elegantnyj, Nikołka, Radost i Swietliczok) wykazała obecność w nich proantocyjanidyn, antocyjanów i tanin hydrolizujących z przewagą galotanin. Z kwasów fenolowych, oznaczonych po uprzedniej hydrolizie zasadowej i kwasowej ekstraktów, dominowały: kwas galusowy, protokatechowy i *p*-kumarowy oraz kwas 4-hydroksybenzoesowy. Z badanych odmian derenia najzasobniejsza w związki polifenolowe okazała się odmiana Radost. Z kolei, w owocach 3 odmian rokitnika (Luckistaja, Aromatnaja i Augustinka) w grupie

fenolowych przeciwutleniaczy dominowały monomery i oligomery flawanolowe, z wyjątkiem odmiany Augustinka, w której ilościowo przeważały flawonole. Podobnie jak w owocach derenia, również w owocach rokitnika stwierdzono obecność tanin hydrolizujących, ale z większym udziałem elagotanin. W owocach rokitnika kwasy fenolowe występowały w formie wolnej, jak i związanej. Stwierdzono, iż dominujący kwas 4-hydroksybenzoesowy występuje w formie estrów i glikozydów, zaś kwas elagowy tylko w formie glikozydów, natomiast jako estry obecne były kwasy: protokatechowy, wanilinowy, galusowy, ferulowy, synapowy i *p*-kumarowy. Z badanych odmian najwyższą zawartością przeciwutleniaczy charakteryzowała się odmiana Augustinka. Potencjał antyoksydacyjny, wyrażony wskaźnikiem TEAC –Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, w metodzie ABTS mieścił się w zakresie 30-40 $\mu\text{moli/g}$ owoców lub 3.4-6.3 $\mu\text{moli/g}$ owoców, zaś w metodzie FRAP 19-28 lub 3.0-5.6 $\mu\text{moli/g}$, odpowiednio dla owoców derenia lub rokitnika. Uzyskane wyniki zostały opisane w rozdziale w monografii, a także zaprezentowane na konferencjach krajowych w formie 1 referatu i 2 komunikatów oraz na konferencji międzynarodowej w postaci posteru (Załącznik 4, pozycje C8, K35, K36, K39, K59).

Równolegle obiektem moich zainteresowań były warzywa cebulowe, korzeniowe i rzepowate, oraz pomidory i ziemniaki, a także warzywa kapustne (w tym kapusty głowiaste; publikacje (G1-G7) zawierające ich charakterystykę wchodzi w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego). W badaniach tych po raz pierwszy oznaczałam polifenole ogółem (uzyskane po hydrolizie kwasowej liofilizowanych warzyw) oraz polifenole wolne, ekstrahowane z surowca 50% metanolem w temp. 90 °C. Z 13 analizowanych warzyw najzasobniejsze w związki fenolowe ogółem (>200 mg/100 g) okazały się brokuły, kapusta brukselska i kapusta czerwona, następnie buraki ćwikłowe i cebula czerwona (>100 mg/100 g), natomiast mało polifenoli (< 60 mg/100 g) oznaczono w marchwi, rzodkwi białej i rzodkiewce. Ponadto okazało się, że udział polifenoli związanych wahał się od 34.5% w cebuli czerwonej do 79.8% w marchwi. Szereg aktywności przeciwutleniającej badanych warzyw zależał od zastosowanej metody oznaczania, przy czym według metody DPPH, jak i ABTS najefektywniejsza była kapusta czerwona, zaś najmniej efektywna, odpowiednio, rzodkiewka i kapusta biała. Wyliczyłam, że aby zrównoważyć potencjał antyoksydacyjny 100 g kapusty czerwonej, oznaczony metodą ABTS, należałoby spożyć np. 178 g cebuli czerwonej, 508 g marchwi i aż 680 g kapusty białej. Dla porównania, według oznaczeń metodą DPPH wartości te wynosiły odpowiednio: 903 g, 1629 g oraz 1279 g. Przedstawione dane opisano w publikacji oryginalnej oraz w rozdziale w monografii, a także

zaprezentowano w formie 2 referatów na konferencjach krajowych (Załącznik 4, pozycje D7, J7, J8).

Innym kierunkiem badań, w które byłam zaangażowana, była ocena jakości produktów handlowych pod względem zawartości przeciwutleniaczy oraz potencjału antyoksydacyjnego. Analizowano produkty pomidorowe, produkty z dzikiej róży, soki owocowe, herbaty owocowe oraz chipsy owocowe i warzywne pod kątem zawartości naturalnych przeciwutleniaczy oraz efektywności przeciwutleniającej. We wszystkich badanych produktach stwierdzono różnicowanie w oznaczanych wartościach. Na przykład, w badanych produktach pomidorowych (soki, pomidory w puszcze oraz koncentraty pomidorowe), średnia sumaryczna zawartość witaminy C i związków fenolowych przewyższała 4-6 razy sumę zawartości karotenoidów i witaminy E. Efektywność zmiatania kationorodnika ABTS^{•+} przez składniki produktów pomidorowych była skorelowana z zawartością antyoksydantów i wynikała przede wszystkim z obecności przeciwutleniaczy hydrofilowych, bowiem udział frakcji lipofilnej w całkowitej aktywności wynosił od 10 do 26%. Natomiast, efektywność hamowania peroksydacji emulsji kwasu linolowego dla frakcji lipofilnej była od 2 do 5 razy niższa niż frakcji hydrofilnej. Z soków owocowych, biorąc jako kryterium wysoką zawartość przeciwutleniaczy i potencjał antyoksydacyjny, godne polecenia okazały się soki zawierające barwniki antocyjanowe, czyli aroniowe i porzeczkowe. Dodatkowo stwierdzono, iż w sokach cytrusowych głównym składnikiem odpowiedzialnym za ich właściwości przeciwutleniające był kwas askorbinowy, zaś w sokach jabłkowych i z owoców jagodowych związki fenolowe. Tematyka związana z naturalnymi związkami przeciwutleniającymi soków i wprowadzania nowych technologii celem uzyskania ich jak największej stabilności była tematem referatu wygłoszonego na zaproszenie organizatorów XV Międzynarodowego Symposium Krajowej Unii Producentów Soków w 2012 r. (Załącznik 4, pozycja J13).

Oprócz soków, źródłem naturalnych przeciwutleniaczy w naszej diecie są także herbatki na bazie suszy owocowych. Napary uzyskane z 14 analizowanych ekspresowych herbatek charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością związków fenolowych (13.5-47.0 mg/100 ml), antocyjanów (1.2-5.2 mg/100 ml) oraz efektywnością zmiatania kationorodnika ABTS^{•+} ($IC_{50} = 4.0-19.5 \mu\text{l}$ naparu), czy rodnika DPPH[•] ($IC_{50} = 26.9-137.8 \mu\text{l}$ naparu), zarówno pomiędzy różnymi asortymentami herbatek, jak i w obrębie danej grupy produktów. Wartości wyznaczonych współczynników korelacji wskazywały na liniową zależność efektywności zmiatania syntetycznych rodników od zawartości związków fenolowych i brak takiej zależności w odniesieniu do antocyjanów. Wydłużenie czasu naparzania herbatek owocowych

z 3 do 10 min skutkowało przyrostem ilości przeciwutleniaczy fenolowych o 7.2-88.6%, zaś antocyjanów o 6.0-68.2%. Wysokie walory smakowe, odżywcze i zdrowotne, porównywalne do świeżych owoców i warzyw, przypisuje się szeroko reklamowanym produktom typu chipsy. Podobnie jak produkty handlowe opisane wcześniej, także analizowane w zespole chipsy jabłkowe, buraczane, marchwiowe i pomidorowe charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością oznaczanych przeciwutleniaczy i różnym mechanizmem antyoksydacyjnym. Składniki chipsów jabłkowych wykazywały najwyższy potencjał antyoksydacyjny w metodzie ABTS i FRAP, zaś chipsów buraczanych okazały się najlepszymi chelatorami jonów żelaza(II). Proces autooksydacji emulsji kwasu linolowego, przez okres 11 dni hamowały, wszystkie badane produkty z wyjątkiem chipsów marchwiowych. Ponadto chipsy pomidorowe charakteryzowały się najwyższą zawartością związków fenolowych a chipsy marchwiowe barwników karotenoidowych. Wyniki tych badań przedstawiono w 3 publikacjach oryginalnych oraz zaprezentowano na konferencjach krajowych w formie 1 referatu, 5 komunikatów i 2 posterów (Załącznik 4, pozycje A3, D3, D5, J13, K6, K14, K31, K32, K37, K46).

Podsumowując, przeprowadzone analizy i uzyskane wyniki wskazują na duże zróżnicowanie produktów dostępnych w sieci handlu detalicznego zarówno pod względem zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających, jak i wynikającego z ich obecności potencjału antyoksydacyjnego. Szczególnie istotne jest zróżnicowanie w asortymencie danej grupy produktów (np. soki pomarańczowe, herbatki aroniowe), co nie pozwala na rekomendację danych produktów z prozdrowotnego punktu widzenia. Moim zdaniem badania tego typu są potrzebne, mimo iż nie zawierają elementu nowości naukowej czy metodycznej, mogą bowiem służyć do uzupełniania baz danych składu żywności, jak i być jednym z parametrów oceny jej jakości.

Efektom wzrastającej liczby publikacji opisujących wielokierunkową aktywność biologiczną i potencjał prozdrowotny fitozwiązków, szczególnie związków fenolowych, oprócz aspektu poznawczego było również pojawienie się na rynku suplementów diety na bazie surowców roślinnych. Argumentem przemawiającym za produkcją tego typu produktów była możliwość wzrostu podaży fitozwiązków i w konsekwencji możliwość poprawy stanu naszego zdrowia oraz profilaktyka chorób przewlekłych. W związku z tym, w zespole podjęliśmy próby otrzymania preparatów polifenolowych na bazie owoców zasobnych w antocyjany - aronia, czarna porzeczka, czarna bez i borówka czernica, wyłoków aroniowych i porzeczkowych lub nasion dzikiej róży. Uzyskane wyniki były prezentowane na konferencjach krajowych.

Z owoców kolorowych w wyniku ich ekstrakcji zakwaszonym metanolem otrzymano tzw. „nieoczyszczone” preparaty, a z nich metodą chromatografii kolumnowej z zastosowaniem złoża Amberlite XAD-2 tzw. preparaty „oczyszczone”. Oba rodzaje preparatów, po uprzednim usunięciu rozpuszczalników organicznych, suszono metodą sublimacyjną, bez i z dodatkiem celulozy mikrokrystalicznej. W rezultacie z każdego surowca otrzymano 4 preparaty. Zastosowana metoda oczyszczania spowodowała około 4-krotny wzrost zawartości barwników antocyjanowych w preparatach z czarnego bzu i czarnej porzeczki oraz ponad 2-krotny dla preparatów z aronii i borówki czernicy. Z kolei dodatek nośnika skutkowało obniżeniem zawartości oznaczanych związków fenolowych w jednostce masy preparatu. Podobne tendencje zanotowano dla potencjału antyoksydacyjnego. Najlepszy nasz preparat „oczyszczony”, otrzymany z owoców bzu czarnego, przewyższał pod względem zawartości polifenoli, antocyjanów i potencjału antyoksydacyjnego handlowe suplementy diety na bazie wyłoków winogronowych, owoców borówki czernicy, ale był gorszy niż preparat handlowy z owoców aronii. Ze względu na zróżnicowanie składu analizowanych 3 handlowych suplementów, postanowiono poszerzyć badania o nowe produkty komercyjne. W rezultacie przeprowadzono charakterystykę 9 różnych suplementów, w tym 3 preparatów aroniowych, 3 suplementów herbacianych oraz po 1 suplementie zawierającym w składzie ekstrakt z róży, pycnogenol (proantocyjanidyny z kory sosny śródziemnomorskiej) lub wyciąg z głogu. Zawartość polifenoli ogółem wahała się od 13.3 do 685.8 mg/g suplementu, zawartość flawonoidów wynosiła 0.5-260.6 mg/g, zaś flawanoli od 0.5 do 837.5 mg/g preparatu. Zaskakująca była duża rozbieżność wyników dla suplementów na bazie aronii wynosząca od 36 razy w przypadku zawartości polifenoli ogółem i aż 100 razy w odniesieniu do flawonoidów ogółem, zaś różnica w zawartości antocyjanów wynosiła aż 170 razy. Duże różnice obserwowano również w przypadku ich potencjału antyoksydacyjnego oznaczanego metodą ABTS, DPPH oraz FRAP, a także w emulsji kwasu linolowego. Wskazywać to może na istotny wpływ jakości surowca, sposobu pozyskiwania z niego polifenoli oraz obecności innych składników suplementu na zawartość aktywnych bioskładników. Określałam także profil polifenolowy komercyjnego ekstraktu z zielonej herbaty o nazwie Polyphenon 60, którego potencjał antyoksydacyjny oznaczano w Instytucie Polimerów i Barwników Politechniki Łódzkiej. Niestety, dla przeciętnego konsumenta wybór suplementu oparty jest na spotach reklamowych i reklamach w czasopiśmie, natomiast informacja o zawartości antocyjanów czy bioflawonoidów raczej nie jest elementem podejmowania decyzji o zakupie.

Swoją wiedzę oraz doświadczeniem badawczym odnośnie suplementów diety mogłam podzielić się z uczestnikami warsztatów „Toksykologia Żywności. Suplementy diety”

odbywających się w roku 2010 w Łodzi, na które zostałam zaproszona w charakterze prelegenta (Załącznik 4, pozycja J10). Powyższa tematyka badawcza została również opisana w publikacji oryginalnej oraz rozdziale w monografii, a także zaprezentowana na konferencjach krajowych w formie 3 referatów i 1 posteru (Załącznik 4, pozycja A26, C7, J6, K8, K10, K33).

6.2. Poszukiwanie surowców roślinnych wykazujących właściwości kardioprotekcyjne

W latach 2009-2013 w ramach projektu UDA-POIG.01.03.01-10-129/08-07 pt.: „Przygotowanie preparatów polifenolowych o pochodzeniu roślinnym o właściwościach przeciwpłytkowych i kardioprotekcyjnych (FLAWOPIRYNA)” współfinansowanego z funduszy unijnych, jako wykonawca realizowałam zadanie pt. „Izolowanie preparatów polifenolowych pochodzenia roślinnego i opracowanie technologii ich wytwarzania”. Projekt ten był realizowany przez 3 uczelnie łódzkie, tj. Uniwersytet Medyczny (koordynator projektu), Uniwersytet Łódzki i Politechnikę Łódzką.

W ramach prowadzonych w naszym zespole badań jako potencjalne źródło związków polifenolowych wykorzystano surowce jadalne (owoce, warzywa), surowce zielarskie (liście, kwiatostany, korzenie, kłącza, kory, ziela) oraz surowce odpadowe przemysłu spożywczego (wychmieliny, wytloki, pestki, łuski), a także inne mniej znane surowce roślinne. W sumie do badań skринingowych otrzymano 124 preparaty z 112 różnych surowców. Etap ten obejmował określenie efektywności wydzielania związków fenolowych z zastosowaniem różnych ekstrahentów, opracowanie sposobu usuwania substancji balastowych. Otrzymane preparaty charakteryzowane były pod kątem składu jakościowego i ilościowego związków fenolowych metodami spektrofotometrycznymi oraz z zastosowaniem techniki HPLC. W kolejnym etapie badań otrzymano preparaty z trzech wytypowanych przez zespół Lidera surowców roślinnych: wychmielin, liści czarnej porzeczki oraz ziela tysiącznika, które przeznaczone były do badań *in vivo* na modelu zwierzęcym. W preparatach tych dodatkowo oznaczano zawartość makroskładników. Na podstawie wyników badań *in vivo* wytypowano preparat z wychmielin jako produkt o najwyższym potencjale kardioprotekcyjnym.

W trzecim etapie badań modyfikowaliśmy technologię otrzymywania tegoż preparatu celem dostosowania jej do warunków przemysłowych spełniających reżim technologiczny do produkcji żywności. Wykazaliśmy, że podobną efektywność wydzielania związków aktywnych z wychmielin uzyskuje się zastępując trzyetapową ekstrakcję ekstrakcją jednokrotną. Sprawdzone również możliwość użycia jako czynnika ekstrakcyjnego wodnych roztworów metanolu lub etanolu zamiast 70% acetonu. Uzyskane w ten sposób preparaty mimo iż zawierały mniej związków fenolowych to zawierały niewielkie ilości ksantohumolu, którego obecność

w preparatach uniemożliwiła złożenie wniosków patentowych. Modyfikacja technologii otrzymywania preparatu z wychmielin obejmowała również zastąpienie chloroformu do usuwania związków lipofilnych dichlorometanem ze względu na wyższą efektywność izolowania aktywnych biologicznie proantocyjanidyn oraz usunięcie trzech oznaczanych prenyloflawonoidów, w tym ksantohumolu. Efektem realizacji projektu było 6 publikacji oryginalnych, 1 patent europejski oraz 3 patenty krajowe oraz referat na konferencji krajowej (Załącznik 4, pozycje A17-A20, A22, B1-B4, C9, D11, K41).

6.3. Charakterystyka surowców roślinnych o aktywności antynowotworowej

Nawiązanie przez prof. dr hab. Marię Koziółkiewicz współpracy z dr hab. Elżbietą Hrabec i następnie z dr inż. Urszulą Lewandowską z Zakładu Enzymologii Medycznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi pozwoliło naszemu zespołowi na prowadzenie interdyscyplinarnych badań. W tym przypadku sprawdzane były właściwości chemoprewencyjne związków polifenolowych, które mogą być związane z supresją proliferacji komórek nowotworowych, zatrzymaniem ich cyklu komórkowego, inicjacją apoptozy oraz ograniczeniem procesu zapalnego i angiogenezy. Badania te były prowadzone w ramach dwóch projektów badawczych, mianowicie N312 028 32/1893 pt. „Aktywność przeciwnowotworowa flawanoli z owoców pigwowca i dzikiej róży oraz nasion wiesiołka” (okres realizacji 2007-2008) oraz N N312 357 434 pt. „Ocena właściwości chemoprewencyjnych związków polifenolowych wyizolowanych z roślin jadalnych i leczniczych” (okres realizacji 2008-2011), w których byłam wykonawcą. Zadaniem naszego zespołu, w tym także moim, było otrzymanie ekstraktów polifenolowych (ekstrakcja 70% etanolem) i flawanolowych z odtłuszczonych nasion (produkt odpadowy) wiesiołka dziwnego (*Oenothera paradoxa*) i owoców pigwowca japońskiego (*Chaenomeles japonica*). Ekstrakty flawanolowe wydzielono z ekstraktów acetonowych metodą ekstrakcyjno-wytrąceniową polegającą na ekstrakcji flawanoli octanem etylu i następnie ich wytrąceniu chloroformem. Otrzymane w formie liofilizatów ekstrakty charakteryzowaliśmy przy użyciu metod spektrofotometrycznych pod kątem zawartości polifenoli ogółem, flawanoli i proantocyjanidyn. Natomiast techniką HPLC określaliśmy profil polifenolowy i zawartość tanin hydrolizujących. Związki fenolowe ekstraktu z pigwowca były dodatkowo frakcjonowane na kolumnkach Sep-Pak C18 oraz na złożu Sephadex LH-20. Ekstrakt flawanolowy z nasion wiesiołka w porównaniu do ekstraktu z pigwowca, okazał się zasobniejszy w polifenole ogółem, flawanole i proantocyjanidyny. Z kolei preparat z owoców pigwowca japońskiego zawierał około 20 razy więcej tanin hydrolizujących z przewagą galotanin. W obu ekstraktach obecne były monomery katechin, procyjanidyny B1, B2 i C1 oraz kwasy chlorogenowe. Wyniki badań

zostały upowszechnione w formie 7 publikacji oryginalnych, rozdziału w monografii oraz doniesień na konferencjach krajowych -1 referat i 2 postery, a także na konferencjach międzynarodowych – 3 postery (Załącznik 4, pozycje A4, A7, A8, A11-A14, C5, K16, K24, K28, K30, K57, K58).

6.4. Analiza składu ekstraktów roślinnych o działaniu przeciwdrobnoustrojowym

W ramach współpracy z zespołem Biologii Zakażeń (prof dr hab. Barbara Różalska i dr hab. Beata Sadowska) z Katedry Immunologii i Biologii Infekcyjnej Uniwersytetu Łódzkiego otrzymujemy różne ekstrakty roślinne i określamy ich skład jakościowy i ilościowy. Wyboru surowców roślinnych dokonują obie strony zaangażowane we współpracę. Do tej pory badaliśmy ekstrakty z ziela serdecznika pospolitego, liści borówki czarnej oraz kory kruszyny pospolitej. Jako czynnik ekstrakcyjny stosujemy 70% roztwór wodny acetonu. Po odparowaniu rozpuszczalnika prowadzimy usuwanie związków lipofilnych za pomocą chloroformu i otrzymaną frakcję wodną liofilizujemy. W otrzymanych preparatach oznaczamy zawartość związków fenolowych ogółem, flawanoli proantocyjanidyn metodami spektrofotometrycznymi, zaś zawartość tanin hydrolizujących i profil związków fenolowych metodą chromatograficzną (HPLC). Dotychczasowe wyniki opublikowano w 3 pracach oryginalnych i prezentowano na konferencjach krajowych w formie 3 posterów (Załącznik 4, pozycje A15, A16, A25, K34, K38, K40).

6.5. Możliwości zastosowania surowców roślinnych w kosmetologii

W latach 2006-2008 byłam wykonawcą w projekcie pt. „Właściwości konserwujące i leczniczo-kosmetyczne wybranych olejków eterycznych w kosmetykach” finansowanego przez MNiSW (nr 40505531/3865) i kierowanego przez dr inż. Magdalenę Sikorę. W ramach grantu jako wykonawca określałam aktywność antyoksydacyjną następujących olejków eterycznych: cytrynowego, lawendowego, z drzewa herbacianego, z jodły syberyjskiej, krwawnikowego i rumiankowego. Ze względu na bardzo złożony skład olejków eterycznych ich mechanizm działania przeciwutleniającego może być różnorodny, dlatego też zastosowałam różne metody określające aktywność antyoksydacyjną. Określałam efektywność zmiatania syntetycznych rodników ABTS^{•+} i DPPH[•], rodnika hydroksyloвого, rodnika nadtlenkowego, a także właściwości redukujące metodą FRAP i efektywność chelatowania jonów żelaza(II) oraz zdolność olejków do inhibicji peroksydacji kwasu linolowego w obecności lipoksygenazy.

Powyższe badania miały na celu określenie możliwości całkowitego lub częściowego zastąpienia syntetycznych przeciwutleniaczy związkami o właściwościach antyoksydacyjnych pochodzenia naturalnego zawartych w roślinach lub w ich częściach. Uzyskane wyniki opublikowano w pracy oryginalnej oraz prezentowano na konferencjach międzynarodowych – 2 referaty i 1 poster (Załącznik 4, pozycje D8, J2, K55, K56).

Tematyka dotycząca zastosowania surowców roślinnych w kosmetologii, głównie ze względu na ich potencjał przeciwutleniający, była także przedmiotem dwóch następnych publikacji realizowanych we współpracy z dr inż. Magdaleną Sikorą z Instytutu Podstaw Chemii Żywności Politechniki Łódzkiej oraz z prof. dr hab. Ryszardem Glinką z Katedry Kosmetologii Społecznej Akademii Nauk w Łodzi (Załącznik 4, pozycje D9, D12).

6.6. Badanie wpływu fitozwiązków na enzymy trawienne

Obecnie otyłość i cukrzyca typu 2 stanowią poważny problem na całym świecie, dlatego też poszukiwanie nowych strategii w walce z nimi powinno stanowić jeden z priorytetów badań naukowych. Jednym z najczęściej badanych mechanizmów przeciwotyłościowego działania produktów pochodzenia roślinnego jest inhibicja lipazy trzustkowej. Enzym ten odpowiada za hydrolizę 50-70% spożytych tłuszczów. W grupie fitozwiązków wykazujących aktywność antylipazową wymieniane są związki polifenolowe, których istotnym źródłem w naszej codziennej diecie są owoce i produkty owocowe. Badania dotyczące ich wpływu na aktywność wieprzowej lipazy trzustkowej realizowałam w latach 2011-2014 w ramach projektu własnego **Nr 2011/01/B/NZ9/02046** pt. „Związki polifenolowe jako inhibitory lipazy trzustkowej”, finansowanego przez NCN, którego byłam kierownikiem. W ramach zadań realizowanych w projekcie przebadano ponad 30 gatunków owoców dostępnych dla szerokiego grona konsumentów w ofercie detalicznej, obejmujących zarówno owoce rodzime, jak i pochodzące z importu. Szereg aktywności antylipazowej badanych owoców zależał od zastosowanej metody oznaczania aktywności lipazy. Z żywieniowego punktu widzenia konieczne jest stosowanie metod z wykorzystaniem emulsji lipidowych. Wyniki badań wskazują na wysoki potencjał inhibicyjny w stosunku do lipazy trzustkowej polifenoli owoców aronii, agrestu i porzeczek. Z grupy handlowych produktów w diecie osób otyłych i z nadwagą powinny znaleźć się tylko 100% soki aroniowe, ponieważ dodatek cukru do syropów aroniowych oraz niska zawartość związków polifenolowych obniża lub znosi efekt antylipazowy tych produktów. Aktywność antylipazowa owoców aronii związana jest z obecnością w nich tanin skondensowanych, które mogą być usuwane w trakcie procesów technologicznych otrzymywania klarownych soków

i syropów na bazie koncentratów aroniowych. Innowacyjność projektu polega na tym, iż materiał badawczy stanowiły owoce i produkty owocowe spożywane w codziennej diecie. Dotychczasowe badania, prowadzone przez inne ośrodki naukowe, skupiały się na surowcach zielarskich, bądź różnych gatunkach herbat, kawy i kakao. Dodatkowo, badania te prowadzone były na wyizolowanych frakcjach, i najczęściej prowadzone były z zastosowaniem jednej metody, zaś w prezentowanym projekcie aktywność antylipazową oznaczano zarówno z wykorzystaniem syntetycznych monoestrów kwasów tłuszczowych, jak i emulsji na bazie triacylogliceroli i spożywczych olejów roślinnych. Ponadto badania innych autorów miały na celu wytypowanie surowców mogących znaleźć zastosowanie w produkcji parafarmaceutyków. Natomiast nasze badania ukierunkowane były na wskazanie zaleceń przy komponowaniu diety dla osób z nadwagą i otyłością. Wykazany synergizm polifenoli aronii i orlistatu - jedyne zarejestrowanego w Polsce inhibitora lipazy trzustkowej, może wskazywać na możliwość obniżenia przyjmowanej dawki leku. Efektem realizacji projektu były 4 publikacje oryginalne, 4 rozdziały w monografii oraz 5 referatów i 1 poster na konferencjach krajowych i 2 postery na konferencjach międzynarodowych (Załącznik 4, pozycje A21, A23, A24, C10-C13, D10, J12, J15, J16, K42-K44, K61, K62).

Obecnie jestem zaangażowana w realizację projektu badawczego **OPUS** pt. „Wpływ składników owoców kaliny koralowej (*Viburnum opulus*) na metabolizm lipidów i adipogenezę – badania in vitro” (Nr 2016/23/B/NZ9/03629; NCN, okres realizacji 2017-2020), którego jestem kierownikiem. Aktywność przeciwotyłościowa fitozwiązków polega m.in. na hamowaniu aktywności enzymów glikolitycznych oraz enzymów metabolizujących węglowodany i lipidy, hamowaniu adipogenezy i jej regulatorów oraz zmniejszaniu apetytu. Wyniki najnowszych badań wskazują, że istotne znaczenie w regulacji procesów komórkowych prowadzących do nadwagi i otyłości mają receptory jądrowe aktywowane przez proliferatory peroksysomów (peroxisome-proliferator-activated receptor, PPAR), działające jako czynniki transkrypcyjne, które regulują ekspresję genów kodujących białka regulatorowe i enzymy zaangażowane w metabolizm lipidów. Celem projektu jest identyfikacja i charakterystyka składników owoców kaliny koralowej hamujących akumulację lipidów i proces adipogenezy (związki polifenolowe lub irydoidy). Realizacja projektu obejmuje rozfrakcjonowanie oraz identyfikację składników ekstraktu z owoców kaliny koralowej, a także określenie wpływu tych związków na proces różnicowania (czyli adipogenezy) preadipocytów do adipocytów, proces stłuszczenia i metabolizm lipidów w mysich adipocytach 3T3-L1, ludzkich komórkach wątrobiaka HepG2, komórkach trzustki Min-6 i szczurzych komórkach mięśni szkieletowych L6.

7. Podsumowanie pracy naukowo-badawczej

Efektom mojej działalności badawczej są 33 oryginalne prace naukowe z IF (w tym 32 publikacje po uzyskaniu stopnia doktora, 1 artykuł przeglądowy), 12 oryginalnych publikacji bez IF (w tym 4 w języku angielskim) oraz 13 rozdziałów w monografii. Jestem współautorem 3 uzyskanych patentów krajowych i 1 patentu europejskiego. Ponadto jestem autorką lub współautorką 25 referatów, 8 komunikatów oraz 46 posterów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych. Brałam udział w 10 projektach badawczych, w tym w 3 jako kierownik.

- Osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych przedstawiono w publikacjach o łącznej wartości współczynnika IF - **14.197** oraz **190** pkt. MNiSW, zaś liczba cytowań na dzień 14.05.2018 r. wynosi 545.
- Sumaryczny współczynnik wpływu (IF) publikacji naukowych, według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania: **63.882**
- Liczba punktów za publikacje, rozdziały w monografii według Komunikatów Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego zgodnie z rokiem opublikowania artykułu wynosi **849 (łącznie z patentami 959)**
- Indeks Hirscha publikacji według bazy Web of Science: **14** (z dnia 14.05.2018)
- Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wynosi **950** (bez autocytowań **930**), dane z dnia 14.05.2018.

Anna Podśędek