

Załącznik 3

AUTOREFERAT

Dr Bartosz Fotschki

ZAKŁAD BIOLOGICZNYCH FUNKCJI ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI
INSTYTUT ROZRODU ZWIERZĄT I BADAŃ ŻYWNOŚCI POLSKIEJ AKADEMII NAUK
W OLSZTYNIE
ul. Tuwima 10
10-748 OLSZTYN
e-mail: b.fotschki@pan.olsztyn.pl

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych	3
4. Osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	4
4.2.1. Wprowadzenie i uzasadnienie podjęcia badań	7
4.2.2. Cel i zakres prac badawczych	10
4.2.3. Omówienie wyników prac wskazanych jako szczególne osiągnięcie naukowe	11
4.2.4. Podsumowanie	18
4.2.5. Bibliografia	19
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej	22
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę	31
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	31
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	32
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę	33
6.4. Podsumowanie i informacja bibliometryczna	34

1 Imię i nazwisko

Bartosz Fotschki

2 Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 5.07.2016 - **dyplom doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia**; Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie; tytuł pracy doktorskiej „Odżywcze i prozdrowotne właściwości lipidów nasion oraz preparatów z wyłoków jabłkowych i malinowych w badaniach *in vivo*” (Promotor prof. dr hab. Jerzy Juśkiewicz, promotor pomocniczy dr hab. Adam Jurgoński); *rozprawa doktorska wyróżniona*.
- 06.2012 - **dyplom magistra biotechnologii, specjalność biotechnologia przemysłowa**; Wydział Biologii i Biotechnologii, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie; tytuł pracy magisterskiej „Doskonalenie warunków enzymatycznej syntezy estrów alkilowych kwasów tłuszczowych z substratów odpadowych” (Promotor dr. hab. inż. Marek Adamczak).

3 Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych

- 04.2018 – aktualnie: adiunkt w Zakładzie Biologicznych Funkcji Żywności - Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie
- 10.2016 – 04.2018: asystent w Zakładzie Biologicznych Funkcji Żywności - Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie
- 12.2015 – 10.2016: technolog w Zakładzie Biologicznych Funkcji Żywności – Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

4 Osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Zwiększenie wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin w profilaktyce oraz łagodzeniu zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą

4.2 Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

I. Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Kosmala, M., Milala, J., Zduńczyk, Z., Markowski, J. (2019). Grinding levels of raspberry pomace affect intestinal microbial activity, lipid and glucose metabolism in Wistar rats. *Food Research International*, 120, 399–406.

IF₂₀₁₉: 4,972; MNiSW: 140 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: pozyskaniu finansowania na realizację badań, uzyskanie pozwolenia z Lokalnej Komisji Etycznej na realizację badań na zwierzętach, sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji projektu oraz eksperymencie żywieniowego na szczurach Wistar, zebraniu materiału biologicznego, zweryfikowaniu metod analitycznych, wykonaniu analizy statystycznej, opracowaniu graficznym, przygotowaniu manuskryptu oraz wykonaniu czynności związanych z procesem publikacyjnym (autor korespondencyjny).

Mój udział procentowy szacuję na 65%.

II. Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Rigby, N., Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Mackie, A., Zduńczyk, Z. (2017). Raspberry pomace alters cecal microbial activity and reduces secondary bile acids in rats fed a high-fat diet. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 46, 13–20.

IF₂₀₁₇: 4,414; MNiSW: 140 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: pozyskaniu finansowania na realizację badań, uzyskanie pozwolenia z Lokalnej Komisji Etycznej na realizację badań na zwierzętach, sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji projektu oraz eksperymencie

żywieniowego na szczurach Wistar, zebraniu materiału biologicznego, analizie kwasów żółciowych, zweryfikowaniu metod analitycznych, wykonaniu analizy statystycznej, opracowaniu graficznym, przygotowaniu manuskryptu oraz wykonaniu czynności związanych z procesem publikacyjnym (autor korespondencyjny).

Mój udział procentowy szacuję na 65%.

III. Fotschki, B., Laparra, J.M., Sójka, M. (2018). Raspberry polyphenolic extract regulates obesogenic signals in hepatocytes. *Molecules*, 23(9), 2103.

IF₂₀₁₈: 3,060; MNiSW: 100 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: pozyskaniu finansowania na realizację badań, sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji projektu oraz eksperymencie *in vitro* na liniach komórkowych hepatocytów, zebraniu materiału biologicznego, analizie szlaków molekularnych, wykonaniu analizy statystycznej, opracowaniu graficznym, przygotowaniu manuskryptu oraz wykonaniu czynności związanych z procesem publikacyjnym (autor korespondencyjny).

Mój udział procentowy szacuję na 80%.

IV. Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Sójka, M. (2021). Fructooligosaccharides and pectins enhance beneficial effects of raspberry polyphenols in rats with nonalcoholic fatty liver. *Nutrients*, 13(3), 833.

IF₂₀₂₁: 6,706; MNiSW: 140 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: pozyskaniu finansowania na realizację badań, uzyskanie pozwolenia z Lokalnej Komisji Etycznej na realizację badań na zwierzętach, sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji projektu oraz eksperymencie żywieniowego na szczurach Wistar, zebraniu materiału biologicznego, zweryfikowaniu metod analitycznych, wykonaniu analizy statystycznej, opracowaniu graficznym, przygotowaniu manuskryptu oraz wykonaniu czynności związanych z procesem publikacyjnym (autor korespondencyjny).

Mój udział procentowy szacuję na 75%.

V. Fotschki, B., Wiczowski, W., Sawicki, T., Sójka, M., Myszczyński, K., Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2022). Stimulation of the intestinal microbiota with prebiotics enhances

hepatic levels of dietary polyphenolic compounds, lipid metabolism and antioxidant status in healthy rats. Food Research International, 160, 111754.

IF₂₀₂₁: 7,425; MNiSW: 140 pkt.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: pozyskaniu finansowania badań, zdobyciu pozwolenia z Lokalnej Komisji Etycznej na realizację badań na zwierzętach, sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji i projektu eksperymentu żywieniowego na szczurach Wistar, zebraniu materiału biologicznego, zweryfikowaniu metod analitycznych, udziale w analizie statystycznej uzyskanych wyników, opracowaniu graficznym, przygotowaniu manuskryptu oraz wykonaniu czynności związanych z procesem publikacyjnym (autor korespondencyjny).

Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Wartości wskaźnika Impact Factor (IF) publikacji podano według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania. Sumaryczny Impact Factor publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = **26,577**

Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych MNiSW obowiązującym w roku wydania publikacji (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 7 listopada 2018r., Dz.U.2018 Poz. 2152) = **660**

4.2.1 Wprowadzenie i uzasadnienie podjęcia badań

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego zostało opisane w pięciu oryginalnych artykułach, opublikowanych w latach 2017-2022. Tematyka opublikowanych badań dotyczyła wykorzystania właściwości prozdrowotnych bioaktywnych związków występujących w wyłokach oraz soku z malin w profilaktyce oraz łagodzeniu zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą. Badania przeprowadzono w ramach dwóch projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, PRELUDIUM 8 2014/15/N/NZ9/02425 oraz SONATA 14 2018/31/N/NZ9/02196 w których pełniłem funkcje kierownika. Głównym uzasadnieniem podjęcia badań w tej tematyce były dwie informacje: (1) wzrost liczby ludzi zmagających się z schorzeniami będącymi skutkiem utrwalonych, wadliwych nawyków żywieniowych (szczególnie mieszkających w krajach ekonomicznie rozwiniętych) oraz (2) Polska jest jednym z światowych liderów w produkcji malin, które stanowią bogate źródło bioaktywnych związków o silnym potencjale prozdrowotnym. Połączenie narastającego problemu chorób cywilizacyjnych spowodowanych nieprawidłowo zbilansowaną dietą oraz możliwościami prozdrowotnymi malin zapoczątkowało wieloletnie badania, które w dużej części dotyczyły oceny wpływu suplementacji diety związkami pochodzącymi z malin na mikrobiom przewodu pokarmowego, parametry systemowe oraz metabolizm w wątrobie.

Powszechnie wiadomo, że wzbogacenie codziennej diety w owoce zmniejsza ryzyko rozwoju wielu chorób przewlekłych. Jednymi z najczęściej spożywanych owoców w formie świeżej i przetworzonej są owoce jagodowe, w tym maliny. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w roku 2021 Polska była jednym z liderów w produkcji malin na świecie i głównym producentem tych owoców w Unii Europejskiej. Roczny zbiór malin w zależności od warunków pogodowych wynosi od 76 do 129 tysięcy ton. Owoce te charakteryzują się wysoką zawartością przeciwutleniaczy, głównie związków fenolowych np. cyjanidyn, antocyjanów, elagotanin oraz kwasów fenolowych (Beekwilder i in., 2005; Mullen i in., 2002). Oprócz silnych właściwości przeciwutleniających, związki polifenolowe występujące w malinach wykazują również inne korzystne działania biologiczne, w tym regulujące stan zapalny, metabolizm lipidów, syntezę kwasów żółciowych w wątrobie oraz aktywność mikrobioty w przewodzie pokarmowym (Liu i in., 2002; Seeram i in., 2006). Prozdrowotne działanie polifenoli w dużej części związane jest z aktywnością mikrobioty przewodu pokarmowego i jej zdolnością metabolizowania polifenoli do związków wykazujących większą biodostępność oraz aktywność w porównaniu do form natywnych (D'Archivio i in., 2010; Rai i Tzima, 2021).

Przykładowo, elagotanimy spożywane z dietą w większości docierają do jelita grubego a następnie w wyniku działania mikrobioty ulegają przemianom metabolicznym prowadzącym do powstania kwasu elagowego oraz różnych form urolityn, które poza korzystnym działaniem w przewodzie pokarmowym mogą wpływać również na regulację mechanizmów związanych z działaniem antyoksydacyjnym, przeciwzapalnym oraz metabolizmem w wątrobie (Rai i Tzima, 2021). Należy jednak zwrócić uwagę na poziom suplementacji diety polifenolami, w szczególności związkami należącymi do grupy tanin (w tym również elagotanim). Związki te dodawane do diety w dużych ilościach mogą znacząco obniżyć biologiczną dostępność witamin i związków mineralnych, hamować aktywności enzymów trawiennych oraz aktywność enzymów mikrobioty przewodu pokarmowego (Nath i in., 2022; Antoine i in., 2022). Nawiązując do powyższych informacji można założyć, że odpowiednie stymulowanie bakterii występujących w dolnym odcinku przewodu pokarmowego oraz poziom polifenoli w diecie może mieć kluczową rolę w wykorzystaniu prozdrowotnych właściwości związków polifenolowych występujących w malinach.

Jednym z składników diety, które korzystnie stymulują rozwój oraz aktywność mikrobioty w przewodzie pokarmowym jest rozpuszczalny błonnik (np. pektyny i fruktooligosacharydy). Związki te nie są trawione przez organizm człowieka oraz zwierzęta monogastryczne w konsekwencji z łatwością docierają do jelita grubego gdzie są wykorzystywane przez bakterie jako substrat energetyczny, z którego na drodze fermentacji powstają krótko-łańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA) (Sabater-Molina i in., 2009). Zwiększona synteza SCFA w dolnym odcinku przewodu pokarmowego wykazuje szereg korzystnych oddziaływań na organizm konsumenta związanych z wpływem na parametry fizjologiczne przewodu pokarmowego, regulacje metabolizmu lipidów, glukozy oraz łagodzenie stanu zapalnego w wątrobie (Rivière i in., 2016; Pérez-Montes i in., 2020). Ponadto, suplementacja fruktooligosacharydami zwiększa aktywność oraz rozwój bakterii (np. *Lactobacilli* i *Bifidobacteria*) zdolnych do metabolizmu elagotanim, antocyjanów oraz flawonoli (Corrêa i in., 2019; Rastall i Gibson, 2015). W osiągnięciu naukowym zaproponowano nowe rozwiązanie, które łączy stymulowanie mikrobioty przewodu pokarmowego frakcją błonnika rozpuszczalnego z preparatem polifenolowym z malin, a tym samym zwiększa szansę na efektywniejsze metabolizowanie polifenoli do związków chemicznych o większym potencjale prozdrowotnym. Związki te w pierwszej kolejności docierają do wątroby gdzie mogą korzystnie wpływać na mechanizmy regulujące metabolizm, parametry stresu oksydacyjnego oraz stanu zapalnego (Abenavoli i in., 2017).

Kolejny kierunek zwiększenia wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin dotyczy sposobu zagospodarowania wyłoków malinowych. W procesie przetwarzania tych owoców, w szczególności w produkcji zagęszczonych soków owocowych, znacząca część bioaktywnych związków pozostaje w wyłokach, których odżywcze i prozdrowotne właściwości nie są dostatecznie poznane. Wyłoki malinowe są bogatym źródłem błonnika, kwasów tłuszczowych, witamin oraz polifenoli. Frakcja błonnikowa w dużej części składa się z lignin, hemicelulozy oraz celulozy natomiast w grupie polifenoli dominują elagotaniny, proantocyjanidyn, flawonole oraz antocyjany (Brodowska, 2017). Wymienione składniki wykazują szeroki potencjał prozdrowotny, który można wykorzystać w profilaktyce lub łagodzeniu zaburzeń będących skutkiem utrwalonych, wadliwych nawyków żywieniowych często prowadzących do otyłości, cukrzycy typu 2 i chorób układu krążenia (Astrup i in., 2008; Astrup i in., 2011). Warto zwrócić uwagę, że ponad 80% masy wyłoków malinowych stanowią nasiona, w skład których wchodzi ok. 23% frakcji lipidowej, bogatej w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), głównie omega-3 i -6 (Oomah i in., 2000; Parry i in., 2005). Do NNKT należą kwasy tłuszczowe, które muszą być dostarczane wraz z pożywieniem ponieważ nie są syntetyzowane w organizmie, a są konieczne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Wiele badań przedstawia prozdrowotne działanie oleju bogatego w NNKT, związane z poprawą metabolizmu lipidów, regulacją wskaźników stanu zapalnego i stresu oksydacyjnego (Rakesh i Yung-Sheng, 2006; Lunn i in., 2006; Filion i in., 2010). Potencjał prozdrowotny oleju w znaczącej części zależy od wartości stosunku kwasu omega-3 do -6, która w diecie powinna mieścić się pomiędzy 1:4 a 1:2 (Simopoulos, 2002). W oleju z nasion malin stosunek tych kwasów tłuszczowych mieści się w tym zakresie i wynosi ok. 1:2 (Brodowska, 2017). Olej z nasion malin jest również bogatym źródłem związków biologicznie aktywnych tj. tokoferoli, polifenoli i karotenoidów (Wang i Jiao 2000; Parry i Yu, 2004; Parry i in., 2005). Niestety wszystkie związki obecne w nasionach najczęściej przechodzą przez układ trawienny w stanie nienaruszonym powodując obniżenie wartości biologicznej wyłoków z malin. W przedstawionym osiągnięciu naukowym zaproponowano dwa rozwiązania, które znacząco wpływają na pełniejsze wykorzystanie potencjału prozdrowotnego wyłoków malinowych: (1) oddzielenie frakcji nasion od miąższu, a tym samym zwiększenie koncentracji łatwiej dostępnych dla organizmu biologicznie aktywnych związków z miąższu oraz (2) drobnoziarniste rozdrobnienie wyłoków natywnych prowadzące do uszkodzenia łupiny nasiennej oraz zwiększenia dostępności zgromadzonych w nasionach cennych związków.

Zaproponowane rozwiązania pełniejszego wykorzystania potencjału prozdrowotnego malin wnoszą nowe informacje na temat biodostępności oraz wpływu trudniej dostępnych, biologicznie aktywnych związków występujących w nasionach malin oraz łatwiej dostępnych kompleksów polifenolowo-błonnikowych w miąższu i soku na działanie lokalne w przewodzie pokarmowym powiązane z odpowiedzią ogólnoustrojową organizmu zdrowego i z zaburzonym metabolizmem.

4.2.2 Cel i zakres prac badawczych

Na podstawie wyników wcześniejszych badań żywieniowych dotyczących wpływu suplementacji diety frakcją błonnikową, olejami z pestek owoców jagodowych oraz polifenolami na funkcjonowanie przewodu pokarmowego oraz parametry ogólnoustrojowe organizmu (Fotschki i in., 2016; Fotschki i in., 2015; Jurgoński i in., 2015), sformułowano dwie hipotezy:

- 1) bogate w związki biologicznie aktywne nasiona malin przechodzą przez układ trawienny w stanie nienaruszonym, tym samym oddzielenie tej frakcji od wyłoków malinowych lub drobne zmielenie (uszkadzające łupinę nasiona) zwiększy koncentracje związków biologicznie aktywnych oraz poprawi pożądane działanie prozdrowotne w organizmie zdrowym oraz narażonym na dietę indukującą zaburzenia metaboliczne;
- 2) stymulowanie mikrobioty przewodu pokarmowego poprzez wzbogacenie diety frakcją błonnika rozpuszczalnego zwiększa prozdrowotne działanie preparatu polifenolowego z malin w organizmie zdrowym oraz narażonym na dietę indukującą zaburzenia metaboliczne.

Weryfikacje tych hipotez przeprowadzono w badaniach, których **głównym celem była ocena możliwości zwiększenia wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin w profilaktyce oraz łagodzeniu zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą.**

Do realizacji celu głównego wykorzystano doświadczenia żywieniowe na szczurach Wistar, użytych jako dobrze rozpoznany model eksperymentalny umożliwiający precyzyjne badanie reakcji organizmu w różnym stanie fizjologicznym, w tym z zaburzeniami metabolicznymi początkującymi procesy chorobowe. W badaniach wykorzystano również linie komórkowe hepatocytów HB-8965[®], które pozwalają na określenie potencjalnych zmian w mechanizmach regulujących metabolizm oraz stan zapalny w wątrobie.

Zakres prac badawczych obejmował 3 zadania:

- 1) Badanie wpływu suplementacji diety wyłokami z malin poddanymi rozdrobnieniu (uszkodzenie łupiny nasiennej) lub oddzieleniu nasion na aktywność mikrobioty dolnego odcinka przewodu pokarmowego, stężenie metabolitów polifenoli, metabolizm lipidów, glukozy, wskaźniki stresu oksydacyjnego oraz profil i syntezę kwasów żółciowych w eksperymentach na szczurach Wistar zdrowych oraz z zaburzeniami indukowanymi dietą wysokotłuszczową z obniżoną zawartością błonnika (**Publikacja I i II**).
- 2) Badanie wpływu polifenoli z malin na mechanizmy związane z rozwojem stanu zapalnego, stresu oksydacyjnego oraz zaburzeń metabolicznych w eksperymencie *in vitro* z wykorzystaniem linii komórkowej hepatocytów HB-8965[®] (**Publikacja III**).
- 3) Ocena wpływu suplementacji diety błonnikiem o potencjalnym działaniu prebiotycznym w połączeniu z preparatem polifenolowym z malin na aktywność i profil mikrobioty przewodu pokarmowego, stężenie metabolitów polifenoli, wskaźniki stanu zapalnego, stresu oksydacyjnego i metabolizmu lipidów w eksperymencie na szczurach Wistar zdrowych oraz z zaburzeniami indukowanymi dietą wysokotłuszczową z obniżoną zawartością błonnika (**Publikacja IV i V**).

4.2.3 Omówienie wyników prac wskazanych jako szczególne osiągnięcie naukowe

Ocena zwiększenia prozdrowotnego działania wyłoków malinowych (Publikacja I i II)

Rozpoczęcie eksperymentów *in vivo* na szczurach Wistar w **zadaniu 1** wymagało w pierwszej kolejności zaplanowania składu diet. W tym celu niezbędna była analiza chemiczna składu wyłoków malinowych o zróżnicowanym rozdrobnieniu oraz frakcjonowaniu. Scharakteryzowano 4 preparaty wyłoków malinowych z nasionami o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $\varphi < 0.65$ mm oraz bez nasion o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $0.65 < \varphi < 0.8$ mm. Zawartość błonnika pokarmowego w preparatach wynosiła, odpowiednio 64,8, 62,0, 48,9 i 47,0%, a polifenoli odpowiednio 2,91, 3,19, 6,40 i 6,92%. Wśród całkowitej ilości polifenoli dominowały elagotaniny, odpowiednio 69,8, 73,4, 87,4 i 88,0%. Stężenie tłuszczu ogółem w badanych preparatach zależało od zawartości nasion oraz poziomu rozdrobnienia. W preparatach wyłokowych z nasionami o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $\varphi < 0.65$ mm odnotowano 11,44% i 12,46% tłuszczu ogółem natomiast w preparatach bez nasion o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $0.65 < \varphi < 0.8$ mm stężenie tłuszczu ogółem wynosiło odpowiednio 9,19% i 9,09%. W

sumie kwasów tłuszczowych dominował kwas linolowy (odpowiednio 52,4, 57,1, 49,6 i 49,4%) oraz α -linolenowy (odpowiednio 30,3, 28,0, 29,3 i 30,7%).

W **publikacji I** opisano wpływ suplementacji diety wyłokami z malin na organizm zdrowy. Eksperyment żywieniowy przeprowadzono na 24 samcach szczurów Wistar podzielonych na 3 grupy, po 8 osobników w każdej. Szczury żywiono przez 8 tygodni półsyntetycznymi dietami kazeinowymi będącymi modyfikacją standardowej diety dla gryzoni laboratoryjnych (AIN-93G). W grupie kontrolnej źródłem błonnika pokarmowego w diecie była celuloza, natomiast w 2 grupach badawczych preparaty z natywnych wyłoków malinowych o rozdrobieniu $\varphi < 1.25$ mm (standardowe) i $\varphi < 0.65$ mm (uszkadzające łupinę nasienną). Całkowita zawartość błonnika pokarmowego w wszystkich dietach wynosiła 5%, natomiast tłuszczu ogółem 8%. Wyniki badań żywieniowych wskazują, że dodatek do diet badanych preparatów wyłokowych znacząco wpływa na metabolizm elagotanin oraz aktywność mikrobioty w jelicie ślepy. Preparat o rozdrobieniu $\varphi < 1,25$ mm znacząco zwiększył syntezę SCFA (głównie kwasu masłowego i octowego), aktywność α -glukozydazy i β -glukozydazy oraz zmniejszył aktywność β -glukuronidazy w treści jelita ślepego. Natomiast preparat z wyłoków drobno zmielonych $\varphi < 0.65$ mm znacząco obniżył aktywność α -glukozydazy, β -glukuronidazy oraz zwiększył aktywność β -glukozydazy w treści jelita ślepego. Obserwowane zmiany w aktywności mikrobioty najprawdopodobniej związane były z zwiększoną zawartością polifenoli (głównie elagotanin) w diecie. Związki te mogą wpływać na obniżenie aktywności enzymów bakteryjnych w przewodzie pokarmowym oraz korzystnie hamować wzrost bakterii zdolnych do syntetyzowania enzymu β -glukuronidazy. W przewodzie pokarmowym enzym ten uczestniczy w aktywacji wcześniej unieczynnionych w wątrobie związków potencjalnie toksycznych (Lhoste i in., 2001; Landete, 2011). Zwiększona aktywność β -glukozydazy w obu grupach eksperymentalnych może świadczyć o zwiększonym metabolizmie natywnych form polifenoli do aglikonów (Dall'Erta i in., 2013). Dodanie do diety wyłoków malinowych poddanych drobnemu zmieleniu zwiększyło stężenie metabolitów elagotanin w kale (nasutyny, urolityny A) oraz osoczu krwi (DMEAG, glukuronid eteru dimetylowego kwasu elagowego). Obserwowane zmiany w stężeniu metabolitów elagotanin najprawdopodobniej wpłynęły znacząco na parametry biochemiczne badanych zwierząt. Preparat wyłokowy drobno zmielony korzystnie wpłynął na potencjał antyoksydacyjny zwiększając parametr ACW (antioxidant capacity of water-soluble substances) w osoczu krwi. Preparat ten wpłynął również korzystnie na metabolizm glukozy. W grupie z preparatem wyłokowym drobno zmielonym odnotowano najniższy poziom glukozy oraz insuliny w

osoczu krwi. Efekt ten mógł być związany z zmniejszeniem syntezy FGF19 (czynnik wzrostu fibroblastów 19), który odpowiada za regulację stężenia glukozy oraz insulinooporność (Tomlinson i in., 2002; Perry i in., 2015). Na zmiany w stężeniu glukozy i insuliny w osoczu krwi zwierząt żywionych dietą z wyłokami drobno zmielonymi mogło również wpłynąć hamowanie w przewodzie pokarmowym aktywności α -glukozydazy. Obniżenie aktywności tego enzymu spowalnia procesy wchłaniania trawionych węglowodanów, a tym samym obniża glikemie poposiłkową oraz wydzielanie insuliny (Stuart i in., 2004). Stopień zmielenia wyłoków malinowych nie miał wpływu na korzystny wzrost stężenia frakcji cholesterolu HDL w osoczu krwi oraz zmniejszenie wskaźnika miażdżycowego. Jedynie wartość cholesterolu całkowitego różniła się pomiędzy badanymi grupami. U zwierząt żywionych dietą z wyłokami zmielonymi standardowo, odnotowano znaczący spadek wartości cholesterolu całkowitego w osoczu krwi. Różnice te najprawdopodobniej były związane z uwolnieniem frakcji lipidowej z nasion w skutek drobnego zmielenia wyłoków oraz zwiększonej syntezy bakteryjnych SCFA w przewodzie pokarmowym. W eksperymencie odnotowano znaczący wzrost kwasu masłowego oraz octowego w treści jelita ślepego szczurów żywionych dietą z wyłokami zmielonymi standardowo. Wymienione kwasy wykazują działanie regulujące metabolizm cholesterolu w wątrobie (Rivière i in., 2016). Podsumowując, stopień rozdrobnienia wyłoków malinowych ma znaczący wpływ na metabolizm elagotanin, aktywność mikrobioty przewodu pokarmowego oraz parametry biochemiczne krwi. Najkorzystniejsze zmiany w metabolizmie glukozy oraz potencjale antyoksydacyjnym osocza krwi szczurów zdrowych odnotowano stosując dietę z dodatkiem natywnych wyłoków malinowych o rozdrobnieniu $\varphi < 0.65$ mm.

Kolejny eksperyment żywieniowy z wyłokami malin dotyczył badania wpływu obecności nasion i stopnia rozdrobnienia na zakres zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą (**Publikacja II**). Doświadczenie żywieniowe zostało wykonane na szczurach Wistar podzielonych na 6 grup po 8 osobników tj. grupa z standardową dietą dla gryzoni laboratoryjnych (AIN-93G), grupa z dietą wysokotłuszczową (HF) oraz 4 grupy zwierząt z dietą HF różniących się dodatkiem wyłoków z malin (wyłoki z nasionami o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $\varphi < 0.65$ mm oraz wyłoki bez nasion o rozdrobnieniu $\varphi < 1.25$ mm i $0.65 < \varphi < 0.8$ mm). Całkowita zawartość błonnika pokarmowego w wszystkich dietach HF wynosiła 4,55%, natomiast tłuszczu ogółem 22%. Eksperyment *in vivo* trwał 8 tygodni. Wyniki badań żywieniowych wskazują, że zaburzenia metaboliczne indukowane dietą wysokotłuszczową były redukowane w największym stopniu gdy do diety dodano drobno zmielone ($\varphi < 0.65$ mm) natywne wyłoki malinowe. Wyłoki te korzystnie regulowały aktywność mikrobioty przewodu

pokarmowego zmniejszając stężenie amoniaku, stężenie wtórnych kwasów żółciowych, tj. kwasu dezoksycholowego oraz lithocholowego w treści jelita ślepego. Związki te wykazują działanie cytotoksyczne a przy utrzymującym się wysokim stężeniu mogą przyczynić się do rozwoju nowotworu dolnego odcinka przewodu pokarmowego (Bernstein i in., 2005). Suplementacja diety HF wytlókami z nasionami o rozdrobieniu $\varphi < 0.65$ mm wpłynęła również na redukcję stężenia frakcji LDL cholesterolu oraz trójglicerydów w osoczu krwi szczurów. Ponadto, zastosowane wytlóki zmniejszyły stężenie cholesterolu oraz kwasów żółciowych w wątrobie szczurów. Odnotowane zmiany w wątrobie mogły być związane z znacznie mniejszym poziomem ekspresji czynnika regulującego syntezę kwasów żółciowych FGF19 oraz receptora PPAR- α (receptor aktywowany przez proliferatory peroksysomów α) odpowiedzialnego za metabolizm lipidów i transport cholesterolu w wątrobie (Bougarne i in., 2018). Porównując badane wytlóki malin odnotowano, że obecność nasion w wytlókach zmniejsza stężenie w surowicy krwi szczurów DMEAG będącego metabolitem elagotanin. Efekt ten najprawdopodobniej był związany z mniejszym stężeniem elagotanin w wytlókach natywnych w porównaniu do wytlóków, w których nasiona zostały oddzielone. Polifenole obecne w wytlókach miały również wpływ na aktywność bakterii w dolnym odcinku przewodu pokarmowego. Elagotaniny mogą wykazywać działanie regulujące wzrost oraz aktywność bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* oraz *Lactobacillus* (Li i in., 2015). W opisywanym eksperymencie wytlóki zawierające największe stężenie elagotanin (wytłóki pozbawione nasion, drobno zmielone) wykazywały najsilniejsze działanie związane z zwiększeniem aktywności β -glukozydazy oraz syntezy SCFA, szczególnie kwasu masłowego w treści jelita ślepego. W grupach zwierząt żywionych dietą z wytlókami pozbawionymi nasion nie odnotowano znaczących zmian w stężeniu wtórnych kwasów żółciowych w treści jelita ślepego. Ponadto, wytlóki pozbawione nasion, o rozdrobieniu $\varphi < 1.25$ mm, jako jedyne nie redukowały zwiększonego stężenia kwasów żółciowych w wątrobie wywołanego dietą wysokotłuszczową. Podsumowując, obecność nasion oraz stopień rozdrobnienia wytlóków malinowych ma znaczący wpływ na fizjologiczne właściwości wytlóków z malin i ich działanie w łagodzeniu skutków zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą. Najkorzystniejsze zmiany w aktywności mikrobioty, profilu kwasów żółciowych w treści jelita ślepego oraz profilu lipidowym osocza krwi szczurów z zaburzeniami metabolicznymi indukowanymi dietą HF odnotowano stosując drobno rozdrobnione ($\varphi < 0.65$ mm) natywne wytlóki z malin.

Ocena wpływu preparatu polifenolowego z malin na mechanizmy związane z rozwojem stanu zapalnego, stresu oksydacyjnego oraz zaburzeniami metabolicznymi w hepatocytach HB-8965[®] (Publikacja III)

W zadaniu 2 przeprowadzono eksperyment *in vitro* z wykorzystaniem linii komórkowej hepatocytów HB-8965[®]. Głównym celem badań była ocena potencjalnych mechanizmów molekularnych odpowiedzialnych za rozwój zaburzeń typowych dla stłuszczonej wątroby, które mogą być regulowane polifenolami z malin (**Publikacja III**). Do przygotowania preparatu polifenolowego wykorzystano sok z malin. Analiza profilu polifenolowego badanego preparatu wykazała, że 53,5% stanowią elagotaniny, 40,3% antocyjaniny oraz 6,3% flawonole (najwięcej proantocyjanidyny). W celu indukowania mechanizmów związanych z zaburzeniami funkcjonowania wątroby, charakterystycznymi dla rozwoju otyłości, hepatocyty poddano działaniu osocza pozyskanego z otyłych szczurów Wistar oraz ekstraktu inhibitorów proteazy serynowej pozyskanej z *Triticum durum*. Osocze stanowiło źródło molekularnych sygnałów związanych z rozwojem otyłości natomiast ekstrakt inhibitorów proteazy serynowej aktywował immuno-metaboliczną odpowiedź komórkową (aktywacja receptora TLR4 (receptor Toll-like 4)) związaną z rozwojem stanu zapalnego i zaburzeniami metabolicznymi w wątrobie. Eksperyment *in vitro* wykazał, że preparat polifenolowy obniża aktywność lizosomalną, reguluje mechanizmy związane z rozwojem stanu zapalnego poprzez obniżenie poziomu ekspresji TLR4, COX-2 (cyklooksigenaza-2) oraz wpływa na mechanizmy metabolizmu lipidów stymulując ekspresję ANGPTL4 (białko angiopoetynopodobne 4) odpowiedzialne za hamowanie aktywności lipazy lipoproteinowej i regulację profilu lipidowego w wątrobie (Ito i in., 2019). Badany preparat wpłynął również na zwiększenie poziomu ekspresji CD44 (glikoproteina antygeny typu klastra różnicowania 44) oraz STAT1 (przetwornika sygnału i aktywatora transkrypcji 1) biorących udział w mechanizmach regeneracji oraz regulacji procesu zwłóknienia wątroby (Jeong i in., 2006; Kim i in., 2022). Istotne działanie polifenoli w regulacji mechanizmów zaburzeń funkcjonowania wątroby związane jest z aktywacją receptora AHR (receptor węglowodorów aromatycznych) (Xue i in., 2017; Moyer i in., 2016). Receptor ten wykazuje szerokie działanie związane z wpływem na metabolizm, immunosupresję, rozwój stanu zapalnego oraz stresu oksydacyjnego w wątrobie. Jednakże, jego działanie regulujące zaburzenia funkcjonowania wątroby raczej nie są jednoznaczne i zależą od wielu czynników np. aktywacja AHR zwiększa niekorzystne działanie paracetamolu w wątrobie, natomiast w przypadku zaburzeń wywołanych spożywaniem nadmiernej ilości alkoholu aktywacja AHR w wątrobie wykazuje pozytywne działanie

(Carambia i Schuran, 2021). W eksperymencie odnotowano silne działanie hamujące ekspresję mRNA oraz białka receptora AHR w hepatocytach inkubowanych z badanym preparatem polifenolowym. Działanie tego preparatu w przypadku hepatocytów poddanych działaniu osocza lub ekstraktu inhibitorów proteazy serynowej było osłabione i głównie dotyczyło niższej ekspresji na poziomie białka receptora AHR. Opisane w tym eksperymencie potencjalne możliwości preparatu polifenolowego z malin w regulowaniu mechanizmów stanu zapalnego oraz metabolizmu w hepatocytach otworzyły drogę do kolejnego etapu badań związanego z eksperymentami żywieniowymi na szczurach Wistar.

Ocena możliwości zwiększenia potencjału prozdrowotnego preparatu polifenolowego z malin (Publikacja IV i V)

W ramach zadania 3 został zrealizowany eksperyment żywieniowy, w którym porównano działanie suplementacji mieszkanką pektyn lub fruktooligosacharydów z preparatem polifenolowym z malin na aktywność mikrobioty w przewodzie pokarmowym oraz zaburzenia charakterystyczne dla rozwoju otyłości i niealkoholowego stłuszczenia wątroby (**Publikacja IV**). Preparat polifenolowy został przygotowany z wyłoków malinowych. W frakcji polifenolowej badanego preparatu dominowały elagotaniny (81,4%), pozostałą część stanowiły flawonole (17,5%) oraz antocyjany (1,1%). Eksperyment żywieniowy przeprowadzono na 32 samcach szczurów Wistar podzielonych na 4 grupy, po 8 osobników w każdej. Szczury żywiono przez 12 tygodni półsyntetycznymi dietami wysokotłuszczowymi z zmniejszoną ilością błonnika będącymi modyfikacją standardowej diety dla gryzoni laboratoryjnych (AIN-93). Diety zawierały m.in. smalec (23%), kazeinę (20%), cholesterol (1%) oraz celulozę (3%). W grupie kontrolnej źródłem błonnika pokarmowego w diecie była celuloza. W grupach badawczych dodano pektyny (3%) lub fruktooligosachardy (3%) zmieszane z preparatem polifenolowym z malin (0,3% polifenoli w diecie). Po 12 tygodniach doświadczonego żywienia stwierdzono, że dodanie do diety wysokotłuszczowej preparatu polifenolowego z malin razem z pektynami lub fruktooligosachardami znacząco zmniejsza stężenie syntetyzowanych przez mikrobiotę SCFA w treści jelita ślepego. Z pośród badanych błonników połączenie fruktooligosacharydów z preparatem polifenolowym wykazało najsilniejsze działanie regulujące zaburzenia indukowane dietą. W tej grupie wykazano najniższy poziom cholesterolu, trójglicerydów oraz tłuszczu w wątrobie. Ponadto, w tej grupie zwierząt odnotowano najkorzystniejsze działanie w kierunku obniżenia stresu oksydacyjnego oraz stanu zapalnego poprzez znaczący spadek stężenia substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym w wątrobie oraz obniżenie poziomu IL-6, aktywności aminotransferazy

asparaginianowej w osoczu krwi. Również analiza histologiczna wątroby wykazała korzystny efekt suplementacji preparatem polifenolowym z malin i fruktooligosacharydami w kierunku redukcji stopnia stłuszczenia oraz stanu zapalnego w wątrobie. Zwiększenie prozdrowotnego oddziaływania w wątrobie mogło być związane z zmniejszeniem poziomu ekspresji PPAR γ (receptor aktywowany przez proliferatory peroksyosomów γ) i ANGPTL4, które biorą udział w regulacji metabolizmu lipidów oraz rozwoju stanu zapalnego (Ito i in., 2019; Wang i in., 2020). Uzyskane wyniki wskazują, że na prozdrowotne działanie preparatu polifenolowego z malin znacząco wpływa rodzaj błonnika w diecie. Z pośród badanych źródeł błonnika, połączenie fruktooligosacharydów z badanym preparatem polifenolowym najkorzystniej regulowało zaburzenia metabolizmu lipidów, stres oksydacyjny oraz stan zapalny w wątrobie szczurów żywionych dietą indukującą rozwój otyłości i niealkoholowe stłuszczenie wątroby.

W ostatnim eksperymencie żywieniowym badano wpływ połączenia prebiotycznego działania fruktooligosacharydów z preparatem polifenolowym z soku malinowego na parametry fizjologiczne układu pokarmowego oraz wątroby organizmu zdrowego (**Publikacja V**). Analiza frakcji polifenolowej preparatu wykazała, że elagotaniny stanowiły 53,5%, antocyjany 40,3% oraz flawonole 6,2%. Eksperyment żywieniowy przeprowadzono na 24 samcach szczurów Wistar podzielonych na 3 grupy, po 8 osobników w każdej. Szczury żywiono przez 8 tygodni półsyntetycznymi dietami będącymi modyfikacją standardowej diety dla gryzoni laboratoryjnych (AIN-93). W grupie C (kontrola) oraz grupie CP z preparatem polifenolowym z malin źródłem błonnika pokarmowego w diecie była celuloza (5%), natomiast w grupie CPF dodano 3% fruktooligosacharydów oraz preparat polifenolowy z malin (0,3% polifenoli w diecie). Po 8 tygodniach doświadczalnego żywienia stwierdzono, że zastosowanie w diecie preparatu polifenolowego z malin w połączeniu z fruktooligosacharydami znacząco zwiększa syntezę krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych oraz zwiększa liczbę bakterii odpowiedzialnych za metabolizm antocyjanów oraz ellagotanin (np. *Lactobacillus*, *Bifidobacterium Butyrivibrio*) w treści jelita ślepego (Corrêa i in., 2019; Aguilera-Carbo i in., 2008). Analiza NGS (sekwencjonowanie nowej generacji) wykazała, że metabolizm mikrobiomu jelita ślepego zwierząt z grupy CPF w porównaniu do grupy CP jest stymulowany w kierunku metabolizmu związków azotowych oraz intensyfikacji mechanizmów związanych z działaniem cyklu kwasów trikarboksylowych. Zwiększona aktywność oraz zmiany w profilu mikrobioty treści przewodu pokarmowego wpłynęły na znaczące zwiększenie stężenia metabolitów polifenoli w wątrobie szczurów z grupy CPF. W porównaniu do grupy CP odnotowano wyższe stężenie kwasu elagowego, eteru dimetylowego glukuronidu kwasu

elagowego, kwasu 4-hydroksybenzoesowego oraz metylowanego cyjanidyno-3-soforozydu w wątrobie szczurów z grupy CPF. Zwiększone stężenie metabolitów polifenoli z malin w wątrobie mogło być związane z zmniejszeniem poziomu ekspresji SREBP1c (czynnik transkrypcji wiążący element regulatorowy steroli 1), AHR oraz HIF1 α (czynnik indukowany hipoksją 1- α) a tym samym z regulacją metabolizmu lipidów oraz potencjału antyoksydacyjnego wątroby. Kolejne analizy potwierdziły obserwowany mechanizm. W grupie CPF odnotowano najniższe stężenie tłuszczu, trójglicerydów oraz związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym w wątrobie oraz najwyższy poziom potencjału antyoksydacyjnego i aktywności dysmutazy nadadtlenkowej w osoczu krwi. Uzyskane wyniki wskazują, że na korzystne zmiany metabolizmu lipidów oraz potencjału antyoksydacyjnego w wątrobie ma wpływ połączenie w diecie preparatu polifenolowego z fruktooligosacharydami. Mechanizm działania tej mieszanki łączy ze sobą wzrost liczby bakterii wykazujących zdolność do metabolizmu polifenoli w jelicie ślepym wraz ze zwiększeniem stężenia metabolitów, które docierają do wątroby i modulacją mechanizmów odpowiedzialnych za metabolizm lipidów oraz potencjał antyoksydacyjny.

4.2.4 Podsumowanie

Wykorzystanie właściwości prozdrowotnych malin zależy od wielu czynników. W osiągnięciu naukowym zaproponowano dwa nowe kierunki działań, które znacząco zwiększyły prozdrowotne działanie związków występujących w malinach tj. 1) wyższy stopień mielenia wycieków malinowych w celu zwiększenia biodostępności związków biologicznie aktywnych zamkniętych w nasionach oraz matrycy błonnikowej, 2) połączenie w diecie polifenoli z malin oraz fruktooligosacharydów, które poprzez stymulowanie mikrobioty przewodu pokarmowego nasilają metabolizm polifenoli do związków o większej biodostępności i bioaktywności. W osiągnięciu naukowym wykazano również złożony wpływ bioaktywnych związków z malin na mechanizmy łączące działanie mikrobiomu przewodu pokarmowego z funkcjonowaniem wątroby w aspekcie łagodzenia zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą oraz zwiększania potencjału organizmu do utrzymania homeostazy (działanie profilaktyczne). Opisane w prezentowanych badaniach kierunki zwiększenia wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin mogą stanowić podstawę do szerszego spojrzenia na sposoby gospodarowania produktami ubocznymi w przetwórstwie owocowo-warzywnym oraz planowanie składu produktów spożywczych bogatych w polifenole.

Celem badań przedstawionych w ramach cyklu prac, wskazanych jako szczególne osiągnięcie w procedurze postępowania rehabilitacyjnego była ocena możliwości zwiększenia

wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin w profilaktyce oraz łagodzeniu zaburzeń metabolicznych indukowanych dietą.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy habilitacyjnej należy zaliczyć:

- Wykazanie, że wyłoki malinowe stanowią bogate źródło związków polifenolowych oraz wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, które można wykorzystać w profilaktyce oraz łagodzeniu skutków zaburzeń indukowanych dietą.
- Wykazanie, że im wyższy stopień zmielenia natywnych wyłoków malinowych tym silniejsze działanie regulujące aktywność mikrobioty przewodu pokarmowego oraz metabolizm glukozy u szczurów zdrowych.
- Zaobserwowanie, że zaburzenia aktywności mikrobioty przewodu pokarmowego oraz metabolizmu lipidów indukowane u szczurów dietą wysokotłuszczową były redukowane w największym stopniu gdy do diety dodano preparat z drobno rozdrobnionych natywnych wyłoków malinowych.
- Wykazanie, że preparat polifenolowy z malin może korzystnie regulować mechanizmy związane z rozwojem otyłości w układzie *in vitro* na komórkach hepatocytów.
- Wykazanie, że stymulowanie mikrobioty przewodu pokarmowego fruktooligosacharydami zwiększa metabolizm polifenoli z malin oraz wpływa korzystnie na metabolizm lipidów i status antyoksydacyjny u szczurów zdrowych.
- W badaniach na szczurach Wistar wykazanie, że efektywność działania preparatu polifenolowego z malin w łagodzeniu zaburzeń charakterystycznych dla rozwoju niealkoholowego stłuszczenia wątroby można zwiększyć poprzez dodatek do diety fruktooligosacharydów.

Wyniki badań dotyczące osiągnięcia naukowego w ramach postępowania habilitacyjnego przedstawiają nie opisane wcześniej możliwości zwiększenia wykorzystania właściwości prozdrowotnych malin w kierunku nie tylko regulacji zaburzeń metabolicznych wywołanych dietą ale również w działaniu profilaktycznym. Ponadto, osiągnięcie prezentuje nowe spojrzenie na kierunki wykorzystania wyłoków i soku z malin jako źródła cennych związków bioaktywnych, które można wykorzystać w codziennej diecie.

4.2.5 Bibliografia

Abenavoli, L., Milic, N., Lizza, F., Boccuto, L., De Lorenzo, A. (2017). Polyphenols treatment in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Translational Internal Medicine*, 5, 144–147.

- Aguilera-Carbo, A., Augur, C., Prado-Barragan, L. A., Favela-Torres, E., Aguilar, C. N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 78, 189–199.
- Antoine, T., Georgé, S., Leca, A., Desmarchelier, C., Halimi, C., Gervais, S., Aupy, F., Marconot, G., Reboul, E. (2022). Reduction of pulse "antinutritional" content by optimizing pulse canning process is insufficient to improve fat-soluble vitamin bioavailability. *Food chemistry*, 370, 131021.
- Astrup, A., Dyerberg, J., Elwood, P., Hermansen, K., Hu, F.B., Jakobsen, M.U., Kok, F.J., Krauss, R.M., Lecerf, J.M., LeGrand, P., Nestel, P., Risérus, U., Sanders, T., Sinclair, A., Stender, S., Tholstrup, T., Willett, W.C. (2011). The role of reducing intakes of saturated fat in the prevention of cardiovascular disease: where does the evidence stand in 2010? *American Journal of Clinical Nutrition*, 93, 684–688.
- Astrup, A., Dyerberg, J., Selleck, M., Stender, S. (2008). Nutrition transition and its relationship to the development of obesity and related chronic diseases. *Obesity Reviews*, 9, 48–52.
- Beekwilder, J., Hall, R.D., de Vos, C.H. (2005). Identification and dietary relevance of antioxidants from raspberry. *Biofactors*, 23, 197–205.
- Bernstein, H., Bernstein, C., Payne, C.M., Dvorakova, K., Garewal, H. (2005). Bile acids as carcinogens in human gastrointestinal cancers. *Mutation Research*, 589, 47–65.
- Bougarne, N., Weyers, B., Desmet, S.J., Deckers, J., Ray, D.W., Staels, B., De Bosscher, K. (2018). Molecular actions of PPAR α in lipid metabolism and inflammation. *Endocrine Reviews*, 39, 5, 760–802.
- Brodowska, A. (2017). Raspberry pomace - composition, properties and application *European Journal of Biological Research*, 7, 86-96.
- Carambia, A., Schuran, F.A. (2021). The aryl hydrocarbon receptor in liver inflammation. *Semin Immunopathol*, 43, 563–575.
- Corrêa, T.A.F., Rogero, M.M., Hassimotto, N.M.A., Lajolo, F.M. (2019). The two-way polyphenols-microbiota interactions and their effects on obesity and related metabolic diseases. *Frontiers in Nutrition*, 6, 188.
- Dall'Erta, A., Cirlini, M., Dall'Asta, M., Del Rio, D., Galaverna, G., Dall'Asta, C. (2013). Masked mycotoxins are efficiently hydrolyzed by human colonic microbiota releasing their aglycones. *Chemical Research in Toxicology*, 26, 305–312.
- D'Archivio, M., Filesi, C., Vari, R., Scazzocchio, B., Masella, R. (2010). Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. *International journal of molecular sciences*, 11(4), 1321–1342.
- Filion, K.B., El Khoury, F., Bielinski, M., Schiller, I., Dendukuri, N., Brophy, J.M. (2010). Omega 3 fatty acids in high-risk cardiovascular patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Cardiovascular Disorders*, 3, 10–24.
- Fotschki, B., Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., Zduńczyk, Z. (2015). Dietary supplementation with raspberry seed oil modulates liver functions, inflammatory state, and lipid metabolism in rats. *Journal of Nutrition*, 145, 8, 1793–1799.
- Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Kołodziejczyk, K., Milala, J., Kosmala, M. (2016). Anthocyanins in strawberry polyphenolic extract enhance the beneficial effects of diets with fructooligosaccharides in the rat cecal environment. *PLoS ONE* 11(2): e0149081.
- Ito, Y., Nagaike, H. (2019). Increased angiopoietin like protein 4 (Angptl4) is associated with higher concentration of LDL-triglycerides in type 2 Diabetes. *Atherosclerosis*, 287, 80–81.
- Jeong, W.I., Park, O., Radaeva, S., Gao, B. (2006). STAT1 inhibits liver fibrosis in mice by inhibiting stellate cell proliferation and stimulating NK cell cytotoxicity. *Hepatology (Baltimore, Md.)*, 44(6), 1441–1451.

- Jurgoński A., Fotschki B., Juśkiewicz J. (2015). Dietary strawberry seed oil affects metabolite formation in the distal intestine and ameliorates lipid metabolism in rats fed an obesogenic diet. *Food & Nutrition Research*, 59.
- Kim, H.Y., Baek, G.H., Lee, W., Lee, Y.J., Shim, W.S., Choi, Y.J., Lee, B.H., Kim, S.K., Kang, K.W. (2022). CD44 is involved in liver regeneration through enhanced uptake of extracellular cystine. *Clinical and Translational Medicine*, 12(5), e873.
- Landete, J.M. (2011). Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: A review about source, metabolism, functions and health. *Food Research International*, 44, 1150–1160.
- Lhoste, E.F.L., Nugon-Baudon, S., Lory, J.C., Meslin, C., Andrieux, C. (2001). The fermentation of lactulose in rats inoculated with *Clostridium paraputrificum* influences the activities of liver and intestinal xenobiotic-metabolism enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1397–1404.
- Li Z, Summanen P.H., Komoriya, T., Henning, S.M., Lee, R., Carlson, E., Heber, D., Finegold, S.M. (2015). Pomegranate ellagitannins stimulate growth of gut bacteria in vitro: Implications for prebiotic and metabolic effects, *Anaerobe*, 34, 164–168.
- Liu, M., Li, Q., Weber, C., Lee, C., Brown, J., Liu, R. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2926–2930.
- Lunn, J., Theobald, H.E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*, 31, 178–224.
- Moyer, B.J., Rojas, I.Y., Kerley-Hamilton, J.S., Hazlett, H.F., Nemani, K.V., Trask, H.W., West, R.J., Lupien, L.E., Collins, A.J., Ringelberg, C.S. (2016). Inhibition of the aryl hydrocarbon receptor prevents Western diet-induced obesity. Model for AHR activation by kynurenine via oxidized-LDL, TLR2/4, TGF and IDO1. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1, 13–24.
- Mullen, W., McGinn, J., Lean, M.E.J., MacLean, M.R., Gardner, P., Duthie, G.G., Yokota, T., Crozier, A. (2002). Ellagitannins flavonoids and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5191–5196.
- Nath, H., Samtiya, M., Dhewa T. (2022). Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review. *Human Nutrition & Metabolism*, 28, 200147.
- Oomah, B.D., Ladet, S., Godfrey, D.V., Liang, J., Girard, B. (2000). Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 69, 187–193.
- Parry, J., Su, L., Luther, M., Zhou, K., Yurawecz, M.P., Whittaker, P., Yo, L. (2005). Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry and blueberry seed oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 566–573.
- Parry, J., Yu, L. (2004). Fatty acid content and antioxidant properties of cold-pressed black raspberry seed oil and meal. *Journal of Food Science*, 69, 189–193.
- Pérez-Montes de Oca, A., Julián, M.T., Ramos, A., Puig-Domingo, M., Alonso, N. (2020). Microbiota, fiber, and NAFLD: Is there any connection? *Nutrients*, 12, 3100.
- Perry, R.J., Lee, S., Ma, L., Zhang, D., Schlessinger, J., Shulman, G.I. (2015). FGF1 and FGF19 reverse diabetes by suppression of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Nature Communications*, 28(6), 6980.
- Rai, D.K., Tzima, K. (2021). A Review on chromatography-mass spectrometry applications on anthocyanin and ellagitannin metabolites of blackberries and raspberries. *Foods*, 10(9), 2150.
- Rakesh, K., Yung-Sheng, H. (2006). Gammalinolenic acid: an antiinflammatory omega-6 fatty acid. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 7, 531–534.

- Rastall, R.A., Gibson, G.R. (2015). Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 42–46.
- Rivière, A., Selak, M., Lantin, D., Leroy, F., De Vuyst, L. (2016). Bifidobacteria and butyrate-producing colon bacteria: importance and strategies for their stimulation in the human gut. *Frontiers in microbiology*, 7, 979.
- Sabater-Molina, M., Larqué, E., Torrella, F., Zamora, S. (2009). Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 65, 315–328.
- Seeram, N.P. Berries. In: Heber, D.; Blackburn, G.; Go, V.L.W.; Milner, J. editors. *Nutritional oncology*. 2nd edition. London, UK: Academic Press; 2006, 615–625.
- Simopoulos, A.P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 8, 365–379.
- Stuart, A.R., Gulve, E.A., Wang, M. (2004). Chemistry and biochemistry of type 2 diabetes. *Chemical Reviews*, 104, 1255–1282.
- Tomlinson, E., Fu, L., John, L., Hultgren, B., Huang, X., Renz, M., Stewart, T.A. (2002). Transgenic mice expressing human fibroblast growth factor-19 display increased metabolic rate and decreased adiposity. *Endocrinology*, 143, 1741–1747.
- Wang, S.Y., Jiao, H.J. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals hydrogen peroxide hydroxyl radicals and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677–5684.
- Wang, Y., Nakajima, T., Gonzalez, F. J., Tanaka, N. (2020). PPARs as Metabolic Regulators in the Liver: Lessons from Liver-Specific PPAR-Null Mice. *International journal of Molecular Sciences*, 21(6), 2061.
- Xue, Z., Li, D., Yu, W., Zhang, Q., Hou, X., He, Y., Kou, X. (2017). Mechanisms and therapeutic prospects of polyphenols as modulators of the aryl hydrocarbon receptor. *Food & Function*, 19, 1414–1437.

5 Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

W trakcie swojej kariery naukowej zrealizowałem 3 staże naukowe, które udokumentowałem publikacjami naukowymi w renomowanych czasopismach naukowych. Pierwszy staż naukowy zrealizowałem w **Universitet Antwerpen, Laboratory for Molecular Plant Physiology and Biotechnology, Antwerpia, Belgia** w roku 2012. Czteromiesięczny wyjazd był finansowany w ramach programu Erasmus. Opiekunem naukowym był prof. Gerrit T.S. Beemster. W trakcie pobytu uczestniczyłem w badaniach dotyczących oceny wpływu suszy na mechanizmy wzrostu kukurydzy oraz zapoznałem się z laboratoryjnymi technikami biologii molekularnej. Wyniki badań zostały opublikowane:

- Avramova, V., Abdelgawad, H., Zhang, Z., **Fotschki, B.**, Casadevall, R., Vergauwen, L., Knapen, D., Taleisnik, E., Guisez, Y., Asard, H., Beemster, G.T.S. (2015). Drought induces distinct growth response, protection and recovery mechanisms in the maize leaf growth zone. *Plant Physiology*, 169 (2), 1382–1396.

W roku 2015 wyjechałem na 3 miesięczny staż naukowy do **Institute of Food Research, Department Food and Health w Norwich (Anglia)** finansowany w ramach Konsorcjum Naukowego KNOW „Zdrowe Zwierzę – Bezpieczna Żywność”. Opiekunem naukowym był prof. Alan Mackie. Głównym celem wyjazdu było zapoznanie się z metodyką ekstrakcji oraz oznaczania profilu kwasów i soli żółciowych w treści przewodu pokarmowego szczura Wistar z wykorzystaniem HPLC sprzężonego z spektrometrem mas (AB Sciex 4000 QTrap). Dodatkowo uczestniczyłem w badaniach dotyczących wpływu transglutaminazy na immunoreaktywność białek mleka kłaczy i krowy. Wyniki badań zostały wykorzystane w 2 publikacjach:

- **Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Rigby, N., Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Mackie, A., Zduńczyk, Z. (2017).** *Raspberry pomace alters cecal microbial activity and reduces secondary bile acids in rats fed a high-fat diet. Journal of Nutritional Biochemistry, 46, 13–20.*
- **Fotschki, J., Wróblewska, B., Fotschki, B., Kalicki, B., Rigby, N., Mackie, A. (2020).** *Microbial transglutaminase alters the immunogenic potential and cross-reactivity of horse and cow milk proteins. Journal of Dairy Science, 103(3), 2153–2166.*

W roku 2017 uzyskałem finansowanie w ramach stypendium „POST – DOC” w konkursie KNOW „Zdrowe Zwierzę – Bezpieczna Żywność” na wyjazd 6 miesięczny do **IMDEA Food Institute, grupa „Molecular Immunonutrition” w Madrycie (Hiszpania)**. Opiekunem naukowym był dr José Moisés Laparra Llopis. Obszar badań dotyczył określenia wpływu inhibitorów proteaz oraz polifenoli z malin na mechanizmy molekularne biorące udział w rozwoju niealkoholowego stłuszczenia wątrobowego (NAFLD) oraz nowotworu wątroby. Wyniki dotychczasowej współpracy zostały opublikowane w 5 publikacjach oraz jednym rozdziale w książce:

- **Fotschki, B., Garcia Tejedor, A., Nieto Fuentes, J.A., Laparra Llopis, J.M. (2021).** *Immunonutritional protease inhibitors from *T. durum* and *A. sativa* display metabolic similarities when assayed on human macrophage-like cells. International Journal of Molecular Sciences, 22, 8307.*
- **Srdić, M., Ovčina, I., Fotschki, B., Haros, C.M., Laparra Llopis, J.M. (2020).** *C. quinoa and S. hispanica L. seeds provide immunonutritional agonists to selectively polarize macrophages. Cells, 9, 593.*
- **Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Amarowicz, R., Opyd, P., Bez, J., Muranyi, I., Petersen, I., Laparra, Llopis, M., (2020).** *Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats. Nutrients 12, 2781.*

- Laparra, J., **Fotschki, B.**, Haros, C. (2019). Immunonutritional consequences of different serine-type protease inhibitors in a C57BL/6 Hepatocarcinoma model. *Oncotarget*, 10(7), 760–772.
- **Fotschki, B.**, Laparra, J.M., Sójka, M. (2018). Raspberry polyphenolic extract regulates obesogenic signals in hepatocytes. *Molecules*, 23(9), 2103.
- de Frutos, M.F., **Fotschki, B.**, Musoles, R.F., Llopis, J.M.L. (2019). *Gluten-Free Cereals and Pseudocereals: Nutrition and Health*. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K. (eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham., (ISBN 978-3-319-54528-8), 1–18.

W roku 2018 wyniki badań własnych dotyczących wpływu bioaktywnych składników diety na aktywność mikrobiomu przewodu pokarmowego oraz zaburzenia funkcjonowania wątroby zostały zauważone przez dr hab. Elżbietę Janda reprezentującą **Department of Health Sciences, University Magna Graecia of Catanzaro w Włoszech**. Zapoczątkowało to współpracę w ramach, której została zrealizowana praca doktorska pt. „Analysis of pharmacogenomic and microbiotic response to bergamot polyphenols in cafeteria diet-induced model of hepatic steatosis” DOT13C5773, finansowany przez Ministerstwo Edukacji w Włoszech, University Industry collaboration framework PON FSE-FESR-RI 2014/2020. W ramach projektu pełniłem funkcje zagranicznego opiekuna naukowego doktorantki Concetta Riillo z University Magna Graecia of Catanzaro. Pani Concetta pod moją opieką wykonała analizy zmian aktywności mikrobiomu dolnego odcinka przewodu pokarmowego myszy żywionych dietą z ekstraktem polifenolowym z bergamotki. Wyniki wspólnych badań przyczyniły się do przygotowania pracy doktorskiej Pani Concetta Riillo oraz uzyskania stopnia doktora w grudniu 2021 roku.

Moja dotychczasowa działalność naukowa koncentruje się na badaniu zależności pomiędzy aktywnością i profilem mikrobiomu przewodu pokarmowego a mechanizmami związanymi z metabolizmem, stanem zapalnym oraz statusem antyoksydacyjnym organizmu zdrowego oraz zmagającego się z stanem chorobowym. Tematyka moich badań wraz z doświadczeniem naukowym, które zdobyłem w trakcie realizacji staży naukowych i współpraca z różnymi placówkami zagranicznymi pozwoliły mi na nawiązanie oraz włączenie się do badań z 10 krajowymi jednostkami naukowymi, m.in.:

Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Instytut Technologii i Analizy Żywności (dr inż. Michał Sójka, dr hab. Monika Kosmala, dr inż. Joanna Milala) oraz **Politechnika Bydgoska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności** (dr inż. Ewa Żary-Sikorska). Tematyka wspólnych badań dotyczy

wpływu związków polifenolowych w formie ekstraktu lub preparatu z wyłoków owocowych (matryca błonnikowo-polifenolowa) na parametry fizjologiczne przewodu pokarmowego, metabolizm związków polifenolowych, wskaźniki stanu zapalnego, stresu oksydacyjnego, metabolizmu lipidów w wątrobie szczurów Wistar. Pomysł zastosowania wyłoków z przetwórstwa owocowego w suplementacji diety został wykorzystany w projekcie Europejskim EIT FOOD INNOVATION 2018 (INNOPOULTRY: The poultry food chain: tackling old problems with innovative approaches- ID 18023), w którym pełniłem funkcję wykonawcy. W ramach tego projektu została nawiązana współpraca z **Katedrą Drobiarstwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie** (prof. dr hab. Jan Jankowski, dr h.c. mult.) i **Department of Veterinary Sciences, University of Torino, Włochy**. W badaniach oceniano wpływ wzbogacenia paszy preparatami wyłokowymi pozyskanymi z przetwórstwa jabłka, czarnej porzeczki oraz truskawki na parametry wzrostowe oraz fizjologiczne przewodu pokarmowego broilera. Współpraca z wyżej wymienionymi jednostkami w temacie wykorzystania związków polifenolowych oraz wyłoków z przetwórstwa owoców w kształtowaniu właściwości prozdrowotnych diety przyczyniła się do powstania 21 publikacji:

- **Fotschki, B.,** Wiczowski, W., Sawicki, T., Sójka, M., Myszczyński, K., Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2022). Stimulation of the intestinal microbiota with prebiotics enhances hepatic levels of dietary polyphenolic compounds, lipid metabolism and antioxidant status in healthy rats. *Food Research International*, 160, 111754.
- Bauza-Kaszewska, J., Żary-Sikorska, E., Gugolek, A., Ligocka, A., Kosmala, M., Karlińska, E., **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J. (2021). Synergistic antimicrobial effect of raspberry (*Rubus idaeus* L., Rosaceae) preparations and probiotic bacteria on enteric pathogens. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(1), 51–59.
- Żary-Sikorska, E., **Fotschki, B.,** Kołodziejczyk, K., Jurgoński, A., Kosmala, M., Milala, J., Majewski, M., Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2021). Strawberry phenolic extracts effectively mitigated metabolic disturbances associated with high-fat ingestion in rats depending on the ellagitannin polymerization degree. *Food & Function*, 12(13), 5779–5792.
- Żary-Sikorska, E., **Fotschki, B.,** Kosmala, M., Milala, J., Matuszewicz, P., Rawicka, A., Juśkiewicz, J. (2021). Strawberry polyphenol-rich fractions can mitigate disorders in gastrointestinal tract and liver functions caused by a high-fructose diet in experimental rats. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(4), 423–440.
- **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Sójka, M. (2021). Fructo-oligosaccharides and pectins enhance beneficial effects of raspberry polyphenols in rats with nonalcoholic fatty liver. *Nutrients*, 13(3), 833.
- Żary-Sikorska, E., **Fotschki, B.,** Jurgoński, A., Kosmala, M., Milala, J., Kołodziejczyk, K., Majewski, M., Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2020). Protective effects of a strawberry ellagitannin-rich extract against pro-oxidative and pro-inflammatory dysfunction induced by a high-fat diet in a rat model. *Molecules*, 25, 5874.
- Colombino, E., Ferrocino, I., Biasato, I., Cocolin, L.S., Prieto-Botella, D., Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Milala, J., Kosmala, M., **Fotschki, B.,** Capucchio, M.T., Juśkiewicz,

- J. (2020). Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: growth performance, intestinal morphology and physiology. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 63.
- Grzelak-Błaszczak, K., Milala, Joanna., Kołodziejczyk, K., Sójka M., Czarnecki, A., Kosmala, M., Klewicki, R., **Fotschki, B.**, Jurgoński, A., Juśkiewicz J. (2020). Protocatechuic acid and quercetin glucosides in onions attenuate changes induced by high fat diet in rats. *Food & Function*, 11, 3585–3597.
 - **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Kosmala, M., Milala, J., Zduńczyk, Z., Markowski, J. (2019). Grinding levels of raspberry pomace affect intestinal microbial activity, lipid and glucose metabolism in Wistar rats. *Food Research International*, 120, 399–406.
 - Żary-Sikorska, E., Kosmala, M., Milala, J., **Fotschki, B.**, Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2019). Concentrations of blood serum and urinal ellagitannin metabolites depend largely on the post-intake time and duration of strawberry phenolics ingestion in rats. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(4), 379–386.
 - Żary-Sikorska, E., **Fotschki, B.**, Fotschki, J., Wiczkowski, W., Juśkiewicz, J. (2019). Preparations from purple carrots containing anthocyanins improved intestine microbial activity, serum lipid profile and antioxidant status in rats. *Journal of Functional Foods*, 60, 103442.
 - Grzelak-Błaszczak, K., Milala, J., Kosmala, M., Kołodziejczyk, K., Sójka, M., Czarnecki, A., Klewicki, R., Juśkiewicz, J., **Fotschki, B.**, Jurgoński A. (2018). Onion quercetin monoglycosides alter microbial activity and increase antioxidant capacity. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 56, 81–88.
 - **Fotschki, B.**, Laparra, J.M., Sójka, M. (2018). Raspberry polyphenolic extract regulates obesogenic signals in hepatocytes. *Molecules*, 23(9), 2103.
 - **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Rigby, N., Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Mackie, A., Zduńczyk, Z. (2017). Raspberry pomace alters cecal microbial activity and reduces secondary bile acids in rats fed a high-fat diet. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 46, 13–20.
 - Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., **Fotschki, B.**, Kołodziejczyk, K., Milala, J., Kosmala, M., Grzelak-Błaszczak, K., Markiewicz, L. (2017). Metabolism of strawberry mono- and dimeric ellagitannins in rats fed a diet containing fructo-oligosaccharides. *European Journal of Nutrition*, 56 (2), 853–864.
 - Milala, J., Kosmala, M., Karlińska, E., Juśkiewicz, J., Zduńczyk, Z., **Fotschki, B.** (2017). Ellagitannins from strawberries with different degrees of polymerization showed different metabolism through gastrointestinal tract of rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (49), 10738–10748.
 - **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Kołodziejczyk, K., Milala, J., Kosmala, M., Zduńczyk, Z. (2016). Anthocyanins in strawberry polyphenolic extract enhance the beneficial effects of diets with fructooligosaccharides in the rat cecal environment. *PLoS ONE*, 11 (2), e0149081.
 - Juśkiewicz, J., Jurgoński, A., Kołodziejczyk, K., Kosmala, M., Milala, J., Zduńczyk, Z., **Fotschki, B.**, Żary-Sikorska, E. (2016). Blood glucose lowering efficacy of strawberry extracts rich in ellagitannins with different degree of polymerization in rats. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66 (2), 109–117.

- **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J., Sójka, M., Jurgoński, A., Zduńczyk, Z. (2015). *Ellagitannins and flavan-3-ols from raspberry pomace modulate caecal fermentation processes and plasma lipid parameters in rats.* *Molecules*, 20 (12), 22848–22862.
- **Fotschki, B.,** Milala, J., Jurgoński, A., Karlińska, E., Zduńczyk, Z., Juśkiewicz, J. (2014). *Strawberry ellagitannins thwarted the positive effects of dietary fructooligosaccharides in rat cecum.* *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (25), 5871–5880.
- **Fotschki, B.,** Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., Kołodziejczyk, K. (2014). *Biological effects of the dietary addition of a low-pectin apple fibre preparation.* *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64, 193–199.

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biochemii i Toksykologii (prof. dr hab. Katarzyna Ognik). Wspólne badania dotyczą oceny wpływu suplementacji diety różnymi formami miedzi lub chromu na parametry fizjologiczne przewodu pokarmowego, metabolizmu, stanu zapalnego, stresu oksydacyjnego, odpowiedzi immunologicznej oraz zmian epigenetycznych. W ramach współpracy pełniłem funkcję promotora pomocniczego w pracy doktorskiej Pani mgr Eweliny Cholewińskiej pt. „Ocena biodystrybucji nanocząstek miedzi oraz ich oddziaływania na status immunologiczny i oksydoredukcyjny w modelu szczurzym”. Na podstawie uchwały senatu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 03.04.2020 Pani mgr Ewelina Cholewińska uzyskała stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo. Efektem wspólnej pracy jest 8 artykułów:

- Cholewińska, E., **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J., Ruinek-Prystupa, E., Ognik, K. (2018). *The effect of copper level in the diet on the distribution, and biological and immunological responses in a rat model.* *Journal of Animal and Feed Sciences*, 27, 4, 349–360.
- Cholewińska, E., Ognik, K., **Fotschki, B.,** Zduńczyk, Z., Juśkiewicz, J. (2018). *Comparison of the effect of dietary copper nanoparticles and one copper (II) salt on the copper biodistribution and gastrointestinal and hepatic morphology and function in a rat model.* *PloS One*, 13, 5, e0197083.
- Dworzański, W., Cholewińska, E., **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J., Listos, P., Ognik, K. *Assessment of DNA methylation and oxidative changes in the heart and brain of rats receiving a high-fat diet supplemented with various forms of chromium.* *Animals*, 2020, 10, 1470.
- Ognik, K., Dworzański, W., Sembratowicz, I., **Fotschki, B.,** Cholewińska, E., Listos, P., Juśkiewicz, J. (2021). *The effect of the high-fat diet supplemented with various forms of chromium on rats body composition, liver metabolism and organ histology Cr in liver metabolism and histology of selected organs.* *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 64, 126705 (1–10).
- Dworzański, W., Sembratowicz, I., Cholewińska, E., Tutaj, K., **Fotschki, B.,** Juśkiewicz, J., Ognik, K. *Effects of different chromium compounds on hematology and inflammatory cytokines in rats fed high-fat diet.* *Frontiers in Immunology*, 2021, 12, 614000 (1–9).

- Cholewińska, E., Juśkiewicz, J., Majewski, M., Smagiel, R., Listos, P., **Fotschki, B.**, Godycka-Kłos, I., Ognik, K. *Effect of copper nanoparticles in the diet of WKY and SHR rats on the redox profile and histology of the heart, liver, kidney, and small intestine. Antioxidants*, 2022, 11(5): 910 (1–18).
- Dworzański, W., Cholewińska, E., **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J., Ognik, K. (2022). *Oxidative, epigenetic changes and fermentation processes in the intestine of rats fed high-fat diets supplemented with various chromium forms. Scientific Reports*, 12, 9817 (1–14).
- Stępniewska, A., Juśkiewicz, J., Tutaj, K., Fotschki, J., **Fotschki, B.**, Ognik, K. (2022). *Effect of chromium picolinate and chromium nanoparticles added to low- or high-fat diets on chromium biodistribution and the blood level of selected minerals in rats. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 72(3), 229–238.

Kolejną jednostką naukową, z którą realizuje badania jest **Katedra Farmakologii i Toksykologii, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie** (dr hab. Michał Majewski prof. UWM). Tematyka badań dotyczy wpływu diety na mechanizmy regulujące zaburzenia związane z rozwojem chorób układu krwionośnego w modelu szczurzym. Wyniki badań opublikowaliśmy w 2 pracach naukowych:

- Majewski, M., Kucharczyk, E., Kaliszan, R., Markuszewski, M., **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J., Borkowska-Sztachańska, M., Ognik, K. (2020). *The characterization of ground raspberry seeds and the physiological response to supplementation in hypertensive and normotensive rats. Nutrients*, 12, 1630.
- Majewski, M., Jurgoński, A., **Fotschki, B.**, Juśkiewicz, J. (2018). *The toxic effects of monosodium glutamate (MSG) – The involvement of nitric oxide, prostanoids and potassium channels in the reactivity of thoracic arteries in MSG-obese rats. Toxicology and Applied Pharmacology*, 359, 62–69.

Pan dr hab. Michał Majewski prof. UWM został również zaproszony do współpracy w dwóch eksperymentach żywieniowych realizowanych przez zespół naukowy zakładu Biologicznych Funkcji Żywności, w którym obecnie pracuje. Temat pierwszego eksperymentu dotyczył oceny suplementacji diety inuliną oraz fruktooligosacharydami na łagodzenie objawów stanu zapalnego jelita grubego. W drugim eksperymencie, oceniono wpływ suplementacji diety laktoferyną, melityną i cekropiną A na aktywność mikrobiomu przewodu pokarmowego. Wyniki badań opublikowano w dwóch pracach:

- **Fotschki, B.**, Jurgoński, A., Fotschki, J., Majewski, M., Ognik, K., Juśkiewicz, J. (2019). *Dietary chicory inulin-rich meal exerts greater healing effects than fructooligosaccharide preparation in rats with trinitrobenzenesulfonic acid-induced necrotic colitis. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(2), 147–155.
- Juśkiewicz, J., Rawicka, A., **Fotschki, B.**, Majewski, M., Zduńczyk, Z. (2021). *Influence of supplementation of lactoferrin, melittin and cecropin A to rat diet on changes in faecal ammonia concentrations, short-chain fatty acid concentrations and activities of bacterial enzymes. Animals*, 11(5), 1203 (1–15).

Moje zainteresowanie tematem regulacji aktywności oraz profilu mikrobiomu przewodu pokarmowego pozwoliło również na uczestniczenie w badaniach żywieniowych z wykorzystaniem modeli zwierzęcych innych niż szczury laboratoryjne m. in.:

W współpracy z prof. dr hab. Andrzejem Gugółkiem (**Katedra Hodowli Zwierząt i Łowiectwa, Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego w Olsztynie**) zrealizowaliśmy eksperyment żywieniowy na królikach. Celem eksperymentu było zbadanie wpływu suplementacji diety mączką nasion czarnego kminku na parametry wzrostowe, aktywność mikrobiomu przewodu pokarmowego oraz wskaźniki biochemiczne w osoczu. Główny efekt badanej mączki dotyczył zmniejszenia produkcji amoniaku, gnilnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, liczby oocyst kokcydiów oraz zwiększenia stężenia albuminy w osoczu krwi królików. Wyniki badań opublikowano:

- *Strychalski, J., Kowalska, D., Grinholc, S., Juśkiewicz, J., Fotschki, B., Gugolek, A. (2022). Performance indicators, coccidia oocyst counts, plasma biochemical parameters and fermentation processes in the cecum of rabbits fed a diet with the addition of black cumin seed meal. Annals of Animal Science, Vol.0 (Issue 0), pp. -. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0065>*

Badania z wykorzystaniem konika polskiego w współpracy z prof. dr hab. Martą Siemieniuch (**Stacja Badawcza w Popielnie, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie**). W eksperymencie badany był wpływ pory roku na aktywność mikrobiomu końcowego odcinka przewodu pokarmowego konika polskiego dziko żyjącego oraz hodowanego w stacji badawczej Popielna. Wyniki eksperymentu wykazały, że aktywność mikrobiomu w treści kału konika polskiego jest najwyższa u koni dziko żyjących w porze letniej. Wyniki badań opublikowano:

- *Juśkiewicz, J., Fotschki, B., Jaworska, J., Siemieniuch, M.J. (2021). Investigations of the maintenance system of the Konik Polski horse and its effects on fecal microbiota activity during the winter and summer seasons. Animal Science Journal, 92(1): e13603 (1–12).*

Badania z wykorzystaniem jeleni (*Cervus elaphus*) w współpracy z dr Federico Mason oraz prof. dr hab. inż. Anna Korzekwa (**Zakład Ochrony Bioróżnorodności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie**). W eksperymencie badano różnice w parametrach morfologicznych, chemicznych i profilu mikrobiomu żwacza jelenia dziko żyjącego oraz trzymanego w hodowli. Wyniki badań sugerują, że dieta jeleni hodowlanych, która opiera się na trawie, liściach drzew oraz komercyjnych dodatkach żywieniowych nie wpływa znacząco na parametry fizjologiczne

zwacza w porównaniu do diety jeleni dziko żyjących. W zwaczu jeleni hodowlanych odnotowano m. in.: większą ilość bakterii anaerobowych, *Campylobacter spp.*, pierwotniaka *Diplodininae*, mniejszą ilość *Clostridium spp.*, zmniejszenie wartości suchej masy, frakcji błonnika oraz różnorodność składników diety. Wyniki badań opublikowano:

- *Mason, F., Fotschki, B., Di Rosso, A., Korzekwa, A. (2019). Influence of farming conditions on the rumen of red deer (Cervus elaphus). Animals, 9(9),601.*

Eksperyment na broilerach w współpracy z dr hab. Paweł Konieczka (**Katedra Drobiarstwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**). Celem eksperymentu było zbadanie wpływu kannabidiolu oraz nanoselenu na zaburzenia w przewodzie pokarmowym wywołane infekcją *Clostridium perfringens*. Wyniki eksperymentu wykazały, że oba eksperymentalne czynniki żywieniowe miały korzystny wpływ na funkcjonowanie bariery jelitowej oraz aktywność mikrobiomu przewodu pokarmowego broilera poddanego infekcji *Clostridium perfringens*. Wyniki badań opublikowano:

- *Konieczka, P., Szkopek, D., Kinsner, M., Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Banach, J. (2020). Cannabis-derived cannabidiol and nanoselenium improve gut barrier function and affect bacterial enzyme activity in chickens subjected to C. perfringens challenge. Veterinary Research, 51, 141.*

Dodatkowo w współpracy z dr hab. inż. Katarzyną Eufemią Przybyłowicz prof. UWM oraz dr Tomaszem Sawickim (**Katedry Żywienia Człowieka, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**) uczestniczyłem w przygotowaniu protokołu badań dotyczących powiązania obecności mykotoksyn w diecie z rozwojem nowotworu jelita grubego w populacji ludzi mieszkających w Polsce. Protokół został opublikowany:

- *Przybyłowicz, K.E, Arłukowicz, T., Danielewicz, A., Morze, J., Gajęcka, M., Zielonka, Ł., Fotschki B., Sawicki, T. (2020). Association between mycotoxin exposure and dietary habits in colorectal cancer development among a Polish population: A study protocol. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17 (3), 698.*

Obszar moich zainteresowań dotyczy również badania wpływu frakcji lipidowej w diecie na zaburzenia związane z rozwojem otyłości, z wyszczególnieniem parametrów funkcjonowania wątroby. W ramach tej tematyki badań uczestniczyłem w realizacji dwóch projektów naukowych finansowanych z Narodowego Centrum Nauki (SONATA 1 oraz OPUS 12), kierowanych przez dr hab. Adama Jurgońskiego (**Zakład Biologicznych Funkcji Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie**). W badaniach żywieniowych skupiono się na ocenie frakcji lipidowej z nasion

truskawki, czarnej porzeczki, malin, jabłka, lnu, konopi siewnej oraz maku jako potencjalnych składników diety, które mogą wesprzeć organizm w regulacji zaburzeń metabolicznych oraz systemowych związanych z rozwojem otyłości. Wyniki badań zostały opublikowane w 8 pracach naukowych:

- **Fotschki, B., Opyd, P., Juśkiewicz, J., Wiczkowski, W., Jurgoński, A. (2020).** *Comparative effects of dietary hemp and poppy seed oil on lipid metabolism and the antioxidant status in lean and obese zucker rats. Molecules, 25, 2921.*
- **Jurgoński, A., Opyd, P.M., Fotschki, B. (2020).** *Effects of native or partially defatted hemp seeds on hindgut function, antioxidant status and lipid metabolism in diet-induced obese rats. Journal of Functional Foods, 72, 104071.*
- **Opyd, P.M., Jurgoński, A., Fotschki, B., Juśkiewicz, J. (2020).** *Dietary hemp seeds more effectively attenuate disorders in genetically obese rats than their lipid fraction. The Journal of Nutrition, 150, 6, 1425–1433.*
- **Opyd, P.M., Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., Fotschki, B., Koza, J. (2018).** *Comparative effects of native and defatted flaxseeds on intestinal enzyme activity and lipid metabolism in rats fed a high-fat diet containing cholic acid. Nutrients, 10(9), 1181.*
- **Jurgoński, A., Fotschki, B., Juśkiewicz, J. (2015).** *Disparate metabolic effects of blackcurrant seed oil in rats fed a basal and obesogenic diet. European Journal of Nutrition, 54 (6), 991–999.*
- **Jurgoński, A., Fotschki, B., Juśkiewicz, J. (2015).** *Dietary strawberry seed oil affects metabolite formation in the distal intestine and ameliorates lipid metabolism in rats fed an obesogenic diet. Food and Nutrition Research, 59, 26104.*
- **Fotschki, B., Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., Zduńczyk, Z. (2015).** *Dietary supplementation with raspberry seed oil modulates liver functions, inflammatory state, and lipid metabolism in rats. Journal of Nutrition, 145 (8), 1793–1799.*
- **Fotschki B., Jurgoński A., Juśkiewicz J., Zduńczyk Z. (2015).** *Metabolic effects of dietary apple seed oil in rats. Żywność Nauka Technologia Jakość, 1(98), 220–231.*

6 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

6.1 Osiągnięcia dydaktyczne

Na mój dorobek dydaktyczny składają się wykłady w ramach przedmiotu „Współczesne trendy w dietoterapii” oraz anglojęzycznych zajęć fakultatywnych „Adequacy, safety and oversight of the food supply – food processing, safety, designing functional foods” w Katedrze Żywienia Człowieka, Wydział Nauki o Żywności, UWM w Olsztynie. Wykłady były realizowane w roku 2019. Tematyka wykładów dotyczyła niekonwencjonalnego wykorzystania produktów ubocznych przemysłu owocowego jako źródła związków biologicznie aktywnych. Ponadto w roku 2021 uczestniczyłem w realizacji anglojęzycznego internetowego kursu MOOC (Massive Open Online Course) w tematyce gospodarowania odpadami z przemysłu

owocowo-warzywnego. Przedsięwzięcie realizowane w współpracy z instytutem badawczym MATIS oraz Uniwersytetem Islandzkim w Reykiawiku.

W roku 2018 zostałem zaproszony do napisania rozdziału w książce w języku angielskim (de de Frutos, M.F., **Fotschki, B.**, Musoles, R.F., Llopis, J.M.L. (2019). *Gluten-Free Cereals and Pseudocereals: Nutrition and Health*. In: Mérillon, JM., Ramawat, K. (eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham., (ISBN 978-3-319-54528-8), 1–18).

Pełniłem również funkcje promotora pomocniczego w pracy doktorskiej Pani mgr Eweliny Cholewińskiej (Katedra Biochemii i Toksykologii Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie) pt. „Ocena biodystrybucji nanocząstek miedzi oraz ich oddziaływania na status immunologiczny i oksydoredukcyjny w modelu szczurzym”. Na podstawie uchwały senatu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 03.04.2020 uzyskała stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo. Dodatkowo przez 6 miesięcy w ramach współpracy z Department of Health Sciences, University Magna Graecia of Catanzaro w Włoszech w roku 2020 pełniłem funkcję opiekuna naukowego doktorantki Concetta Riillo. Doktorantka uzyskała stopień doktora w grudniu 2021 roku. W latach 2019-2022 sześciokrotnie pełniłem opiekę naukową nad praktykantami z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W 2021 roku zostałem zaproszony do przygotowania dwóch wykładów w ramach przedmiotu kierunkowego „Ogólna technologia żywności i żywienie człowieka”, Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej w IRZiBŻ PAN w Olsztynie. Tematy wykładów to „Produkty uboczne przemysłu spożywczego i ich zastosowanie w żywności” oraz „Żywność fortyfikowana, funkcjonalna, wygodna, żywność specjalnego przeznaczenia”.

6.2 Osiągnięcia organizacyjne

Do moich głównych osiągnięć organizacyjnych można zaliczyć:

- członkostwo w Radzie Naukowej Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie (2015-2017),
- członkostwo w Komisji Nauk o Życiu, Sekcja Nauk o Żywieniu i Żywności, Oddziału PAN w Olsztynie i w Białymstoku z siedzibą w Olsztynie (od 2020),
- członkostwo w grupie ekspertów reprezentujących IRZiBŻ PAN w klastrze 6 Horyzontu Europa pt. „Żywność, biogospodarka, zasoby naturalne, rolnictwo i środowisko”,

- członek komisji ds. wdrożenia Europejskiej Karty Naukowca i Kodeksu postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych IRZiBŻ PAN w Olsztynie,
- pełnienie funkcji edytora gościnnego w czasopiśmie *Molecules* (IF = 4,927),
- pełnienie funkcji edytora gościnnego w czasopiśmie *Frontiers in Nutrition* (IF = 6,590).

6.3 Osiągnięcia popularyzujące naukę

W ramach popularyzacji nauki wielokrotnie uczestniczyłem w organizowaniu oraz prowadzeniu warsztatów naukowych m.in.: „Świat w skali mikro” podczas Pikniku „Nauka też sztuka!” organizowanego przez Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, „Spojrzenie na żywność w prozdrowotnym świetle” podczas Pikniku Naukowego Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik – „Światło” w Warszawie oraz „Fusion Lab” podczas Europejskiej Nocy Naukowców w Olsztynie. Zostałem również zaproszony do wygłoszenia trzech wykładów plenarnych:

- Wykład pt. „Odżywcze i prozdrowotne właściwości lipidów nasion oraz preparatów wyciągów z jabłek, truskawek i malin w badaniach *in vivo*”. Sesja naukowa Polskiego Towarzystwa Nauk o Zwierzętach Laboratoryjnych (PolLASA) w Olsztynie (25.11.2016).
- Wygłoszenie dwóch wykładów pt. „Niekonwencjonalne kierunki wykorzystania produktów ubocznych przemysłu owocowego” uwzględniając specyfikę branży: (1) owoców miękkich i (2) ziarnkowych, w ramach realizacji międzynarodowego projektu TRaFooN - "Sieć współpracy dla usprawnienia transferu wiedzy o innowacyjności w produkcji żywności tradycyjnej" w Rzecznowie oraz Goszczynie (17 – 16.09.2016).

W ramach europejskiego projektu EIT FOOD „Annual Food Agenda” uczestniczyłem w realizacji zadania popularyzującego naukę pt. „Science SOS”. W tym zadaniu prowadziłem cykl wykładów dla uczniów szkolnych pt. „Supermoc Malin” (24-27.05.2021). Wielokrotnie występowałem w audycjach telewizyjnych oraz radiowych o zakresie regionalnym (TVP Olsztyn, Kopernik, Radio Olsztyn) oraz ogólnokrajowym (Teleexpress). Audycje dotyczyły tematu kształtowania potencjału prozdrowotnego diety wykorzystując związki biologicznie aktywne występujące w malinach. Udzielałem również wywiadu Polskiej Agencji Prasowej na temat potencjału prozdrowotnego malin w łagodzeniu dolegliwości wątrobowych. Jestem również współautorem artykułu popularnonaukowego „Truskawka wyciśnięta do cna” opublikowanego w Gazecie Olsztyńskiej, Nauka dla Europy, Regionu i Świata. Wielokrotnie

brałem udział w konferencjach międzynarodowych oraz krajowych. Wyniki swoich badań prezentowałem w formie 7 prezentacji ustnych oraz 2 posterów naukowych.

6.4 Podsumowanie i informacja bibliometryczna

Mój dorobek naukowy obejmuje łącznie 69 pozycji bibliograficznych w tym: 52 publikacji naukowych, 1 rozdział w monografii naukowej oraz 16 doniesień naukowych i komunikatów prezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych. 51 publikacje naukowe zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR.

Zestawienie dorobku naukowego wg liczby pozycji bibliograficznych, wartości Impact Factor i punktów MNiSW, przed oraz po uzyskaniu stopnia doktora przedstawiono w poniższym zestawieniu tabelarycznym.

Rodzaj publikacji	Przed uzyskaniem stopnia doktora		Po uzyskaniu stopnia doktora				Ogółem	
			Wchodzące w skład osiągnięcia naukowego		Pozostałe publikacje			
	IF	pkt. wg MNiSW	IF	pkt. wg MNiSW	IF	pkt. wg MNiSW	IF	pkt. wg MNiSW
Oryginalne prace twórcze w czasopismach z bazy JCR	25,598 (9)	256 (9)	26,577 (5)	660 (5)	148,199 (38)	3980 (38)	200,374 (51)	4905 (51)
Oryginalne prace twórcze w czasopismach spoza bazy JCR	-	13 (1)	-	-	-	-	-	13 (1)
Doniesienia i komunikaty naukowe	-	- (7)	-	-	-	- (9)	-	- (16)
Rozdziały w monografiach	-	-	-	-	-	20 (1)	-	20 (1)
Ogółem	25,598 (9)	269 (17)	26,577 (5)	660 (5)	148,199 (38)	3980 (48)	200,374 (51)	4938 (69)

IF - Współczynnik Impact Factor (IF) wg bazy Journal Citation Reports (JCR) zgodny z rokiem ukazania się pracy

pkt. wg MNiSW - Liczba punktów wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodna z rokiem publikacji pracy

** W nawiasach podano liczbę publikacji*

Biorąc pod uwagę wartości wskaźników bibliometrycznych przypisanych zgodnie z rokiem wydania poszczególnych publikacji, łączna wartość dorobku naukowego w przeliczeniu na punkty MNiSW wynosi 4938. Po uzyskaniu stopnia doktora zgromadzono 3980 punktów (bez osiągnięcia naukowego). Sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych wynosi 200,374. Po uzyskaniu stopnia doktora sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych

wynosi 148,199 (nie uwzględniając prac z osiągnięcia naukowego). Według bazy bibliograficznej Web of Science Core Collection, liczba cytowań wynosi 572 (bez autocytowań 465), zaś Indeks Hirscha ma wartość 14. Natomiast, według bazy bibliograficznej Scopus, liczba cytowań wynosi 652 (bez autocytowań 537), zaś Indeks Hirscha ma wartość 14 (stan dla obu baz danych na dzień 07.11.2022).

W kolejnej tabeli zestawiono dorobek naukowy wg liczby publikacji wraz z listą czasopism, w których zostały opublikowane.

Rodzaj publikacji	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Łącznie
1. Oryginalne opublikowane prace twórcze	10	43	53
a. w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)	9	42	51
Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	2	5	7
Molecules	1	3	4
Nutrients		4	4
Animals		3	3
Journal of Agricultural and Food Chemistry	1	1	2
European Journal of Nutrition	1	1	2
Food & Function		2	2
Food Research International		2	2
Journal of Functional Foods		2	2
Journal of Nutrition	1	1	2
Journal of Nutritional Biochemistry		2	2
PLoS ONE	1	1	2
Animal Science Journal		1	1
Annals of Animal Science		1	1
Antioxidants		1	1
Cells		1	1
Food and Nutrition Research	1		1
Frontiers in Immunology		1	1
International Journal of Environmental Research and Public Health		1	1
International Journal of Molecular Sciences		1	1
Journal of Animal and Feed Sciences		1	1
Journal of Animal Science and Biotechnology		1	1
Journal of Dairy Science		1	1
Journal of Trace Elements in Medicine and Biology		1	1
Oncotarget		1	1
Plant Physiology	1		1
Scientific Reports		1	1
Toxicology and Applied Pharmacology		1	1
Veterinary Research		1	1

b. w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	1	1	2
Springer		1	1
Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	1		1
2. Inne publikacje	7	9	16
a. doniesienia i komunikaty	7	9	16
Razem	17	52	69

W trakcie swojej pracy zawodowej uczestniczyłem w 11 projektach badawczych finansowanych ze środków zewnętrznych (NCN, Fundusze Unii Europejskiej, Fundusze Ministerstwa Włoch). W dwóch z nich pełniłem/pełnię funkcję kierownika (Preludium, Sonata finansowane z NCN), natomiast w pozostałych pełniłem funkcję wykonawcy.

Jestem recenzentem w redakcjach czasopism międzynarodowych. Wykonałam łącznie 21 recenzji prac naukowych z zakresu aktywności mikrobiomu przewodu pokarmowego, wpływu substancji bioaktywnych na status zdrowotny konsumenta, metabolizm lipidów, węglowodanów oraz rozwój niealkoholowego stłuszczenia wątroby.

Ukończyłem kursy i szkolenia, m.in.:

- 22-25.05.2022. Uczestniczenie w szkoleniu organizowanym w ramach VI Akademii Chemii Analitycznej. „Spektrometria mas w chromatografii gazowej – niezbędny praktyka”.
- 23-26.04.2017. Uczestniczenie w szkoleniu organizowanym w ramach Akademii Chemii Analitycznej. LC-MS/MS od A do Z, Spektrometria mas w chromatografii cieczowej – od podstaw teoretycznych do zastosowań praktycznych.
- 1-5.02.2016. Uczestniczenie w szkoleniu organizowanym przez Polskie Towarzystwo Nauk o Zwierzętach Laboratoryjnych. Szkolenie w zakresie nabycia uprawnień do planowania, wykonywania procedur, doświadczeń na zwierzętach laboratoryjnych oraz uśmiercania zwierząt wykorzystywanych w procedurach.
- 09-17.06.2014. Uczestniczenie w szkoleniu z zakresu „Komercjalizacja wyników prac B+R”, realizowane przez Centrum Innowacji i Transferu Technologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.
- 29-30.09.2014. Uczestniczenie w szkoleniu z zakresu „Prezentacja, komunikacja, etykieta – szkolenie przygotowujące stypendystów projektu do udziału w spotkaniu

brokerskim”, realizowane przez Centrum Innowacji i Transferu Technologii Uniwersytetu warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Zdobyte przeze mnie nagrody i wyróżnienia to przede wszystkim:

- 2019-2021. Stypendium Ministra dla wybitnych młodych naukowców.
- 05.07.2016. Wyróżnienie pracy doktorskiej przez Radę Naukową Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie.
- 15.05.2015. Nagroda specjalna redakcji czasopisma "Żywność. Nauka. Technologia. Jakość." za najlepszą prezentację pt., „Effect of dietary supplementation with raspberry seed oil on liver functions, inflammatory state and lipid metabolism in rats”. XX Scientific Session of the Young Scientific Staff of PTTŻ "Food - Quality and Perspectives", IVth International Session – „Food – Quality and Perspectives” w Rzeszowie.
- 18.09.2014. Nagroda „Partner CIiTT” dla najlepszego stypendysty projektu „RIM WiM – Regionalna Inwestycja w Młodych Naukowców Warmii i Mazur – wzrost potencjału wdrożeniowego wyników prac B+R doktorantów”.
- 09.05.2014. Nagroda specjalna redakcji czasopisma "Żywność. Nauka. Technologia. Jakość." za najlepszą prezentację pt., „Assessment of the nutritional value and health-promoting properties of apple seed oil”. 19th Conference of Young Researchers Section of Polish Society of Food Technologist – 3rd International Session Food Science Horizon w Warszawie.
- 2013 – 2014. Stypendysta „RIM WiM – Regionalna Inwestycja w Młodych Naukowców Warmii i Mazur – wzrost potencjału wdrożeniowego wyników prac B+R doktorantów” realizowanego w ramach poddziałania 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw, działania 8.2 Transfer wiedzy, priorytetu VIII Regionalne kadry gospodarki, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.
- 2012 – 2013. Stypendysta „Dr INNO 3. Stypendia doktoranckie” realizowanego w ramach Priorytetu VIII Regionalne kadry gospodarki, Działanie 8.2 Transfer Wiedzy, Poddziałanie 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.