

Monika Magdalena Kosmala
Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Instytut Technologii i Analizy Żywności
ul. Stefanowskiego 4/10 90-924 Łódź

Autoreferat z opisem osiągnięć naukowych związanych z postępowaniem habilitacyjnym

**„Uboczne i wtórne produkty przetwórstwa wybranych owoców jagodowych i pestkowych -
ich charakterystyka i aktywność prozdrowotna”**

Spis treści

1. Dane osobowe	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego	4
a) Tytuł osiągnięcia naukowego	4
b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego	4
5. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego	6
5.1. Skład produktów ubocznych i wtórnych przetwarzania owoców jagodowych na soki	10
5.2. Właściwości fizykochemiczne oraz skład polisacharydowy błonnika pokarmowego owoców, soku i wycieków trzech odmian śliw uprawianych w Polsce	20
5.2.1. Skład błonnika śliwkowego	21
5.2.2. Właściwości fizyko-chemiczne błonnika śliwkowego	21
5.2.3. Sekwencyjna ekstrakcja polisacharydów	22
5.2.4. Profil masowy sekwencyjnie otrzymanych pektyn	22
5.3. Otrzymywanie, skład, właściwości fizyko-chemiczne i oddziaływanie biologiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciekami z wycieków	23
5.3.1. Otrzymywanie i skład błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciekami z wycieków	24
5.3.2. Właściwości fizyko-chemiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciekami z wycieków	25
5.3.3. Oddziaływanie biologiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciekami z wycieków	25
5.4. Prozdrowotne oddziaływanie wybranych produktów ubocznych i wtórnych z przetwórstwa truskawek, malin i jeżyn na soki w badaniach modelowych na szczurach [H5, H6, H7]	27
6. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć naukowych	36
7. Literatura	39
8. Omówienie pozostałych osiągnięć badawczych	41
8.1. Skład i właściwości preparatów błonnikowych otrzymanych z wybranych wycieków owocowych (badania w ramach rozprawy doktorskiej)	41
8.2. Zastosowanie podejścia interdyscyplinarnego w podnoszeniu jakości i bezpieczeństwa żywnościowego i środowiskowego preparatów błonnikowych w kontekście zwiększenia ich spożycia	42
8.3. Wpływ działania poligalakturonazy na rehydratację konwekcyjnie lub sublimacyjnie wysuszonej tkanki jabłkowej	44
8.4. Jakość smoothies na bazie jabłek	45
8.5. Pozostałości po obieraniu cebuli, jako źródło koncentratów polifenolowych	45
8.6. Otrzymywanie wycieków polifenolowych wraz z określeniem ich składu chemicznego z materiałów pochodzących z odpadów roślinnych powstałych przy produkcji żywności oraz produktów rolnych zawierających związki polifenolowe i oligosacharydy	45
8.7. Wpływ elagotanin na metabolizm i biochemię krwi zwierząt	46
8.8. Aktualnie realizowane kierunki badawcze	47
9. Podsumowanie pracy badawczej	47
10. Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną	49
10.1. Działalność dydaktyczna	49
10.2. Działalność organizacyjna	50
10.3. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów	50
10.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia	50
10.5. Współpraca z zagranicą, recenzje publikacji	50
10.6. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki	51
10.7. Organizacja konferencji	51
10.8. Współpraca z przemysłem	51
10.9. Szkolenia	52

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Monika Magdalena Kosmala

Miejsce pracy: Politechnika Łódzka Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Instytut Technologii i Analizy Żywności

ul. Stefanowskiego 4/10 90-924 Łódź

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

Magister inżynier

Politechnika Łódzka

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Instytut Chemicznej Technologii Żywności, 29.06.2005

Specjalność: Analiza i ocena żywności

Temat pracy magisterskiej: Polifenole w preparatach błonnika pokarmowego różnego pochodzenia.

Doktor inżynier

Politechnika Łódzka

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Instytut Chemicznej Technologii Żywności, 27.10.2009

Rozprawa doktorska "Skład i właściwości preparatów błonnikowych otrzymanych z wybranych wyłoków owocowych".

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Od 1 10 2005 do 27 10 2009 - uczestniczka studium doktoranckiego na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. **Od 18.09.2006 do 30.06.2007** – zatrudnienie na stanowisku chemik na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności W Instytucie Chemicznej Technologii Żywności w wymiarze 0,9 etatu. **Od 1.07.2007 do 31.12.2008** - zatrudnienie na stanowisku chemik na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności W Instytucie Chemicznej Technologii Żywności w wymiarze 0,7 etatu. **Od 1.01.2009 do 19.12.2009** – zatrudnienie na stanowisku chemik na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności w Instytucie Chemicznej Technologii Żywności w wymiarze 0,25 etatu. **Od 4.11.2009 do 31.03.2010** – zatrudnienie na stanowisku starszego specjalisty badawczo-technicznego w wymiarze 0,75 etatu w Zakładzie Przechowalnictwa w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka w

Skierniewicach. **Od 20.12.2009** zatrudnienie na stanowisku asystenta w Instytucie Chemicznej Technologii Żywności Politechniki Łódzkiej, a od 21.12.2011 na stanowisku adiunkta w tym samym Instytucie, który od dnia 2015-10-01 został przemianowany na Instytut Technologii i Analizy Żywności.

4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm. Dz. U. z 2011 r. nr 204, poz. 1200) jest cykl publikacji naukowych pt.

„Uboczne i wtórne produkty przetwórstwa wybranych owoców jagodowych i pestkowych-ich charakterystyka i aktywność prozdrowotna”

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

1. Kosmala M., Sójka M., Miszczak A., Sikorski P., Zagibajło K., Włodarek A., Czajka A., Robak J., Król B. Ocena potencjału aplikacyjnego wyłoków, pochodzących z przetwórstwa truskawek i malin na soki. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 5 (2015). DOI:10.15199/64.2015.5.3.

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (45%). Liczba punktów MNiSzW 5, IF=0.

2. Juskiewicz J, Jankowski J., **Kosmala M.**, Zduńczyk Z., Słomiński B. A., Zduńczyk P. (2016). The effects of dietary dried fruit pomaces on growth performance and gastrointestinal biochemistry of turkey poults. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100, 967–976.

Indywidualny wkład: udział w planowaniu doświadczeń i przeprowadzeniu badań (20%). Liczba punktów MNiSzW 30, IF=1,244.

3. **Kosmala M.**, Milala J., Kołodziejczyk K., Markowski J., Zbrzeźniak M., Renard C. M.G.C. Dietary fiber and cell wall polysaccharides from plum (*Prunus domestica* L.) fruit, juice and pomace: comparison of composition and functional properties for three plum varieties. Food Research International 54 (2013) 1787–1794.

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (65%). Liczba punktów MNiSzW 40, IF=3,050.

4. **Kosmala M.**, Zduńczyk Z., Karlińska E., Juśkiewicz J. The effects of strawberry, black currant, and chokeberry extracts in a grain dietary fiber matrix on intestinal fermentation in rats. Food Research International 64 (2014) 752–761.

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, kierownik grantu badawczego No. IP2010 051870 w ramach programu Iuventus Plus, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (75%). Liczba punktów MNiSzW 40, IF=2,818.

5. **Kosmala M.**, Zduńczyk Z., Kołodziejczyk K., Klimczak E., Juśkiewicz J., Zduńczyk P. Chemical composition of polyphenols extracted from strawberry pomace and their effect on physiological properties of diets supplemented with different types of dietary fiber in rats" European Journal of Nutrition (2014) 53:521–532.

Indywidualny wkład: autor korespondencyjny, kierownik grantu badawczego No. IP2010 051870 w ramach programu Iuventus Plus, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (65%). Liczba punktów MNiSzW 35, IF=3,467.

6. **Kosmala M.**, Zduńczyk Z., Juśkiewicz J., Jurgoński A., Karlińska E., Macierzyński J., Jańczak R., Rój E. Chemical composition of defatted strawberry and raspberry seeds and the effect of these dietary ingredients on polyphenol metabolites, intestinal function, and selected serum parameters in rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63, 2989–2996.

Indywidualny wkład: współautor korespondencyjny, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (55%). Liczba punktów MNiSzW 45, IF=2,857.

7. **Kosmala M.**, Jurgoński A., Juśkiewicz J., Karlińska E., Macierzyński J., Rój E., Zduńczyk

Z.. Chemical Composition of Blackberry Press Cake, Polyphenolic Extract, and Defatted Seeds, and Their Effects on Cecal Fermentation, Bacterial Metabolites, and Blood Lipid Profile in Rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017. 65 (27), 5470–5479, DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01876.

Indywidualny wkład: współautor korespondencyjny, wiodący udział w planowaniu doświadczeń, przeprowadzeniu badań, sformułowaniu wniosków i przygotowaniu manuskryptu (55%). Liczba punktów MNiSzW 45, $IF^{5-letni}=3,504$.

Sumaryczny IF prac stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 16,940.

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

Wstęp

Produkcja owoców w Polsce jest stabilna i rocznie wynosi 4110 tys. ton, w tym jabłka 3200 tys. ton, wiśnie 175 tys. ton, śliwki 86 tys. ton, gruszki 66 tys. ton, porzeczek 145 tys. ton (czarne 109 tys. ton), truskawki 185 tys. ton, maliny 115 tys. ton (Rynek Owoców i Warzyw, 2016). Polska jest przodującym producentem truskawek, porzeczek i malin na świecie i dominującym w Europie (GUS, 2015), a także wiodącym w Europie producentem wiśni i śliwek. Należy podkreślić, że warunki agroklimatyczne sprzyjają produkcji owoców jagodowych tj. truskawek, porzeczek, malin, jeżyn oraz owoców pestkowych, w tym wiśni i śliwek. Jabłka, owoce jagodowe, a także owoce pestkowe w dużej mierze są przemysłowo przetwarzane na soki zagęszczone (GUS, 2015), przy których produkcji, jako główny produkt uboczny pozostają wytloki owocowe. Świeże wytloki owocowe stanowią znaczną część biomasy owoców (do 25%, Sójka et al., 2015, Fronc, Nawirska, 1994) niestabilnej chemicznie i mikrobiologicznie, złożonej z wyciśniętego miąższu, nasion, okryw nasiennych, szypulek, a także fragmentów liści, pędów i niekiedy piasku lub gleby. Pod względem chemicznym głównymi składnikami wytlóków owocowych jest woda, polisacharydy ścian komórkowych, białko, tłuszcze i składniki mineralne oraz polifenole, których skład ilościowy i jakościowy w znacznym stopniu zależy od pochodzenia biologicznego surowca. Wytloki ze względów technologicznych i towaroznawczych można uznać za masowy, nietrwały produkt uboczny, który jest wykorzystywany, jako materiał do kompostowania, składnik paszy i produktów spożywczych oraz surowiec do wytwarzania

produktów wtórnych takich jak błonniki owocowe, biooleje (Milala et al., 2017), naturalne barwniki (Fronc, Nawirska, 1994) czy wyciągi polifenolowe (Sójka et al., 2015b).

Światowe trendy zachęcają do wykorzystywania tej biomasy, dotyczy to zwłaszcza pozostałości po przetwórstwie cytrusów i jabłek, ale także innych surowców, takich jak oliwki, winogrona, marchew, buraki, banany czy mango (Schieber et al., 2001, 2003, Wang et al., 2014, Rosello-Soto et al., 2015, Kowalska et al., 2017). Wiele badań potwierdza korzystne oddziaływanie składników otrzymanych z tego źródła, w tym błonnika pokarmowego i polifenoli, na organizm człowieka czy zwierząt (Schieber et al., 2001, Licht et al., 2010, Chong et al., 2010, Saura-Calixto, 2011, O'Shea et al., 2012, Chiva-Blanch, Visioli, 2012, Azofeifa et al., 2013, 2016, Larrosa et al., 2010). Jednakże, istnieją także badania, które wskazują na niekorzystne oddziaływanie fitokomponentów. W badaniach Finné-Nielsen et al. (2005) preparat antocyjanowy powodował zwiększenie stężenia cholesterolu wraz ze zwiększeniem jego frakcji LDL we krwi królików. W badaniach Nakagawa et al. (2002) antocyjany zwiększyły poziom homocysteiny we krwi szczurów. W badaniach Gajęcka et al. (2017) triterpeny jabłkowe powodowały w dwunastnicy prosiaków enteropatię o stałym stopniu nasilenia. Dlatego istnieje potrzeba jednoznacznej odpowiedzi na pytanie czy nie pojawiają się niekorzystne efekty uboczne związane ze zwiększoną obecnością składników aktywnych takich jak polifenole przy suplementacji diety preparatami otrzymanymi z wyłoków owocowych.

W zależności od gatunku rośliny, z której pochodzą owoce, udział nasion w wysuszonych wyłokach waha się w granicach od 4% (jabłka) do 80% (maliny) (H1, Juskiewicz et al. 2015, Jankowski et al., 2016; Bober, Oszmiański, 2004). Wyłoki jabłkowe, które są głównym produktem ubocznym krajowego przetwórstwa owoców (wg danych ROW i IERiGŻ, Rynek Owoców i Warzyw, 2016) charakteryzują się dużą jednorodnością wielkości i składu chemicznego rozdrobnionych cząstek, małą zawartością nasion, które po rozdrobnieniu mogą zmniejszać trwałość ze względu na jełczenie tłuszczu, związaną z tym niską zawartością czynników cyjanogennych, np. amigdaliny, łatwością rozdrobnienia oraz małą higroskopijnością (Kołodziejczyk et al., 2007, Masoodi et al., 2002).

W przypadku wyłoków z owoców jagodowych część beznasienna stanowi niewielki udział biomasy wyłoków. Wysoki udział nasion wpływa na cechy fizyczne wyłoków, takie jak wielkość cząstek i podatność na rozdrobnienie oraz skład chemiczny, co z kolei decyduje o możliwościach wtórnego ich wykorzystania. Wiśnie i śliwki są w różny sposób wykorzystywane

w przetwórstwie, a ich cechą wspólną jest wysoka zawartość glikozydów cyjanogennych w nasionach i podobny udział pestek w owocach, 8-10% (Milala et al., 2013). Wiśnie przetwarzane na soki owoce są poddawane rozdrobnieniu, a uzyskana miazga jest poddawana działaniu enzymów pektynolitycznych, a następnie prasowaniu. Dlatego pozostałości po prasie zawierają mieszaninę wyciśniętego i rozdrobnionego miąższu oraz całych i w różnym stopniu zmiażdżonych pestek i nasion. Z mieszaniny tej trudno jest efektywnie rozdzielić frakcję bogatą w błonnik a jednocześnie pozbawioną części nasion. Niekiedy jednak oddzielenie całych pestek umożliwia ich wykorzystanie do celów nieżywnościowych, jako materiał izolacyjny czy czyszczący (Mackwitz, 2006). Te wymienione cechy wyłoków wiśniowych, a także rozpoznanie w badaniach wcześniejszych składu błonnika w najważniejszych gospodarczo odmianach wiśni w Polsce tj. 'Schattenmorelle', 'Kelleriis', 'Dobreczyn' i 'Botermo' (Kosmala et al., 2009) skłoniły mnie do zaniechania dalszych badań nad tym materiałem. Z kolei w przetwórstwie śliwek na soki i przetwory, ich pestki są usuwane w całości, po czym część pozbawiona pestki jest przetwarzana na susze, marmolady, dżemy, kompoty i tylko nieznaczna część tego surowca jest przeznaczana do produkcji soków, które cechują się niepożądanym brunatnieniem (Fastyn et al., 2010). Miąższ śliwkowy oraz wyłoki po produkcji soku są pod względem zawartości błonnika i jego składu frakcyjnego mało rozpoznane.

Biomasa powstająca w procesie przetwarzania owoców jagodowych (porzeczek, truskawek, malin i jeżyn) na soki, w porównaniu do owoców pestkowych, charakteryzuje się względnie wysokim udziałem nasion, brakiem glikozydów cyjanogennych, wysoką zawartością antocyjanów oraz innych flawonoidów a także obecnością spolimeryzowanych polifenoli, odpowiednio tanin skondensowanych (proantocyjanidyn) i elagotanin. Wyłoki owoców jagodowych charakteryzują się także wysokim udziałem błonnika pokarmowego, zwłaszcza jego frakcji nierozpuszczalnej (Sójka et al., 2013). W obrębie gatunków tych roślin owoce różnią się stopniem zanieczyszczenia piaskiem oraz możliwością występowania pozostałości środków ochrony roślin. Spośród wymienionych czterech gatunków owoców jagodowych, trzy należą do rodziny różowatych i są szczególnie dobrym źródłem elagotanin i tanin (Hannum, 2004, Heber, 2008, Giampieri et al., 2012, Klimczak et al., 2011), które podczas przerobu owoców na soki w znacznej większości pozostają w wyłokach (Oszmiański et al., 2007), czyniąc wyłoki dobrym źródłem pozyskiwania elagotanin (Sójka et al., 2013).

Większość wyprodukowanych w Polsce porzeczek czarnych i czerwonych jest

wykorzystywana do wytwarzania soków zagęszczonych przeznaczanych głównie na eksport. Tego typu produkcja wiąże się z dużą podażą wyłoków. Mokre wyłoki porzeczkowe charakteryzują się ok. 50% zawartością suchej masy i blisko 50% udziałem nasion. W praktyce gospodarczej wysuszone wyłoki porzeczkowe są wykorzystywane głównie do celów paszowych i energetycznych ze względu na znaczne ryzyko występowania podwyższonego poziomu zanieczyszczeń, głównie pozostałością pestycydów stosowanych zwłaszcza w ochronie krzewów przed wielkopakowcem porzeczkowym (*Cecidophyopsis ribis*) (Miszczak et al., 2013). Z tego względu spożywcze wykorzystanie wyłoków do produkcji błonnika porzeczkowego powinno dotyczyć materiału pochodzącego z upraw ekologicznych.

Produkcja truskawek, malin i jeżyn stanowi swoistą specjalność polskiego przemysłu sokowniczego i w tym asortymencie soków Polska ma dominującą pozycję w świecie. W sezonie 2015-2016 wyprodukowano 7500 ton zagęszczonego soku truskawkowego i 2000 ton zagęszczonego soku malinowego i po ich produkcji pozostało szacunkowo 6000 ton mokrych wyłoków truskawkowych i 1700 ton mokrych wyłoków malinowych (wg danych ROW i IEiRiGŻ, Rynek Owoców i Warzyw, 2016). Jest to znaczna pula cennej biomasy, której należyte zagospodarowanie stanowi istotne wyzwanie dla nauki i praktyki. Dlatego tak wiele uwagi poświęciłam jej w mojej pracy naukowej. Biomasa ta charakteryzuje się dużym udziałem nasion (20-40%), wysoką zawartością błonnika pokarmowego oraz niskim poziomem pozostałości pestycydów, a nadto brakiem glikozydów cyjanogennych. Dlatego może być surowcem do wytwarzania produktów wtórnych, takich jak komponenty do herbatek owocowych (Fronc, Nawirska, 1994) czy biooleje z wyodrębnionych nasion (Milala et al., 2017, Rój et al., 2009). Do mało rozpoznanych wtórnych produktów przetwarzania wyłoków z owoców jagodowych lub ich wyselekcjonowanych części można zaliczyć także wyciągi wodne i alkoholowe (H1) oraz preparaty elagotaninowe i śruty poekstrakcyjne pozostające po odzysku olejów z nasion metodą ekstrakcji nadkrytycznej (H6, H7).

Otrzymywanie tego typu produktów wtórnych z wyłoków jagodowych może opierać się na nowym modelu ich zagospodarowania. Model ten mógłby polegać na ulepszeniu metod przetwarzania przez odpowiednią separację fizyczną wyłoków na frakcję nasion i frakcję miąższu, z których stosownie do składu, można byłoby pozyskiwać odpowiednio, polifenole, oleje oraz preparaty błonnika pokarmowego. Do tego niezbędna jest nowa wiedza o jakości zdrowotnej przemysłowych wyłoków, o składzie polifenoli, szczególnie elagotanin, o rozkładzie

frakcyjnym błonnika pokarmowego i jego właściwościach fizycznych. Ważne jest także poznanie właściwości biologicznych i zalet produktów wtórnych, ale także ocena ryzyka ewentualnego ich niekorzystnego oddziaływania. Te dwa kluczowe zagadnienia są niezbędne do podjęcia realizacji przedsięwzięcia aplikacyjnego.

Z podanych wyżej względów podjęłam się badań dotyczących składu i właściwości wyłoków jako produktów ubocznych przetwarzania owoców, oraz produktów wtórnych w postaci wyciągów, błonników owocowych oraz śruty z odtłuszczonych nasion z w/w gatunków roślin sadowniczych z uwzględnieniem właściwości prozdrowotnych. Obiektem badań były produkty błonnikowe i błonnikowo-polifenolowe pozyskane z wyłoków z przetwórstwa na soki owoców z następujących gatunków roślin: śliwa, truskawka, malina i jeżyna. Obiektem badań były także produkty wtórne w postaci wyciągów z wyłoków truskawkowych, porzeczkowych i aroniowych, użytych do wzbogacania preparatów błonników zbożowych w polifenole. Uzyskane produkty zostały poddane analizie na zawartość poszczególnych grup polifenoli, składników pokarmowych w tym frakcji błonnikowych, właściwości fizycznych związanych z wodochłonnością i olejochłonnością. Wybrane produkty zostały użyte w doświadczeniach na zwierzętach w celu określenia ich wpływu na procesy fermentacyjne w przewodzie pokarmowym oraz na wskaźniki biochemiczne krwi.

Cykl publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe obejmuje wyniki w/w badań i dotyczy:

1. Składu produktów ubocznych i wtórnych przetwarzania owoców jagodowych na soki [H1, H2, H4, H5, H6, H7]
2. Właściwości fizykochemicznych i składu frakcyjnego, w tym udziału frakcji błonnika rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego, oraz polisacharydowego błonników śliwkowych, [H3]
3. Otrzymywania, składu, właściwości fizyko-chemicznych i oddziaływania biologicznego błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciągami z wyłoków, odpowiednio: truskawkowych, porzeczkowych i aroniowych (błonnik mieszany) [H4]
4. Prozdrowotnego oddziaływania wybranych produktów wtórnych (preparatów błonnikowych, pochodzących z owoców jagodowych) na podstawie badań modelowych na szczurach [H5, H6, H7].

5.1. Skład produktów ubocznych i wtórnych przetwarzania owoców jagodowych na soki

Zagadnienie zostało przedstawione w publikacjach H1, H2, H5, H6, H7.

H1. Kosmala M., Sójka M., Miszczak A., Sikorski P., Zagibajło K., Włodarek A., Czajka A., Robak J., Król B. Ocena potencjału aplikacyjnego wyłoków, pochodzących z przetwórstwa truskawek i malin na soki. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 5 (2015). DOI:10.15199/64.2015.5.3.

Celem badań było wyznaczenie składu chemicznego, w tym poziomu pozostałości pestycydów w owocach maliny i truskawki gwarantowanego pochodzenia biologicznego oraz w przemysłowych wyłokach truskawkowych i malinowych pochodzących z wybranych zakładów przetwórstwa owoców w Polsce. Celem badań było także wyselekcjonowanie surowców odpowiednich do uzyskania bogatych w polifenole wyciągów oraz wykonanie wstępnej oceny ich przydatności w ochronie roślin warzywnych przed chorobami infekcyjnymi.

Stwierdzono, że średnia zawartość suchej masy w owocach badanych odmian maliny wynosiła 15,7%, zaś w truskawkach 11,7%, a udział nasion w owocach malin wynosił 4,8%, w porównaniu do 0,9% w truskawkach. Zawartość składników odżywczych, tj. białka i tłuszczu w malinach wynosiła, odpowiednio: 6,1%/ss i 3,8%/ss i była około dwukrotnie wyższa niż w truskawkach. Wykazano, że w badanych malinach zawartość elagotanin wynosiła 1,7%/ss i także jest ponad 2,5 razy wyższa niż w truskawkach. Wyłoki uzyskane z obydwu gatunków owoców charakteryzują się znaczną odmiennością, co do udziału nasion (48% truskawki i 84% maliny) oraz składu chemicznego, w tym zawartości polifenoli, a także zanieczyszczeń mineralnych. Wykazano, że dominującym składnikiem suchej masy zbadanych wyłoków malinowych i truskawkowych są węglowodany, odpowiednio 70% i 63%, przy czym są to głównie polisacharydy. Wyłoki truskawkowe charakteryzują się wyższą zawartością białka (17%), popiołu nierozpuszczalnego w 10% kwasie solnym, czyli piasku (3,6%) i proantocyjanidyn (1,8%) w porównaniu do wyłoków malinowych, które zawierają odpowiednio 11% białka, 0,2% piasku oraz 0,5% proantocyjanidyn. Wyłoki truskawkowe zawierają odpowiednio niższą zawartością elagotanin (1,6% vs. 3,9%) oraz tłuszczu (9,8% vs. 13%) w porównaniu do wyłoków malinowych. Blisko 4% zawartość piasku w przemysłowych wyłokach truskawkowych wyklucza ich bezpośrednie spożywcze wykorzystanie. Piasek w wyłokach jest zlepiony w aglomeraty, zarówno z wyciśniętym i wysuszonym mięszem jak i z nasionami. Rozdzielenie tego typu aglomeratu jest możliwe przy użyciu przecieraczki i sukcesywnego oddzielenia nasion od piasku z wykorzystaniem typowych czyszczalni stosowanych w nasiennictwie. Uboczny produkt w postaci rozdrobnionego i wysuszonego miąższu stanowi

materiał do wytwarzania wyciągów polifenolowych, bogatych w proantocyjanidyny i elagotaniny. W polowych doświadczeniach biologicznych, wykonanych przez zespół Profesora Józefa Robaka w Zakładzie Ochrony Roślin Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach, wykazano ponad 86% skuteczność tego typu wyciągów truskawkowych i 83% skuteczność wyciągów malinowych w ochronie pietruszki przed mączniakiem prawdziwym oraz pomidora w ochronie przed zarazą ziemniaka. Zawartość pozostałości środków plonotwórczych, w tym środków ochrony w określonych produktach roślinnych jest uwarunkowana podatnością danej rośliny na choroby, zastosowanym programem ochrony, przebiegiem pogody i zrealizowanym sposobem uprawy.

Nasiona truskawek i malin, pozyskane z wysuszonych wyłoków przemysłowych, charakteryzuje powtarzalny skład chemiczny. Nasiona truskawkowe charakteryzują się wyższą zawartością tłuszczu (18,9%) białka (15,8%), popiołu (3,1%) i proantocyjanidyn (0,7%) w porównaniu do wyłoków malinowych, które zawierają, odpowiednio 14% tłuszczu 11,7% białka, 1,7% popiołu oraz 0,5% proantocyjanidyn. Nasiona truskawkowe zawierają odpowiednio niższą zawartość elagotanin (1,0% vs. 3,2%) oraz węglowodanów (60,5%, vs. 68,8%) w porównaniu do nasion malinowych.

Suma pozostałości pestycydów w malinach świeżych i wysuszonych wyłokach podzielonych na frakcję miąższu i nasion nie przekracza 0,65 mg/kg, lecz w nasionach jest najmniejsza (0,38 mg/kg), w porównaniu do 0,45 mg/kg w owocach świeżych, a dominującą substancją czynną jest pirymetanol, dla którego wielkość NDP (najwyższy dopuszczalny poziom pozostałości pestycydu) wynosi 5 mg/kg owoców. Z kolei suma pozostałości pestycydów w truskawkach świeżych i wysuszonych wyłokach podzielonych na frakcję miąższu i nasion wynosi odpowiednio: 0,2, 1,2 i 6 mg/kg, przy czym liczba substancji wykrytych w owocach wynosi dwie, w nasionach - cztery a w miąższu - sześć. Boskalid jest dominującą pozostałością pestycydów występujących w wyłokach truskawkowych, odpowiednio: 1 mg/kg nasion i 3 mg/kg miąższu. Wielkość NDP boskalidu wynosi 10 mg/kg owoców.

Wyniki te wskazują na względnie niski stopień ryzyka zagrożenia zdrowia w przypadku spożycia owoców oraz przetworów z nasion, które są bogate w polisacharydy i elagotaniny. Wysuszony miąższ gromadzi hydrofobowe substancje czynne środków ochrony roślin i jego wykorzystanie do celów spożywczych niesie określone niewielkie ryzyko, natomiast ekstrakcję hydrofilową można uznać za bezpieczną.

Badania zostały zrealizowane w części w ramach projektu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2010-2013 jako projekt N N312 360 139, w którym byłam wykonawcą.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H1 było wykazanie, że oczyszczone nasiona truskawek i malin pozyskane z wysuszonych przemysłowych wytlóków charakteryzują się powtarzalnym składem. Nasiona truskawkowe charakteryzują się wyższą zawartością tłuszczu (18,9%) białka (15,8%), popiołu (3,1%) i proantocyjanidyn (0,7%) w porównaniu do wtlóków malinowych, które zawierają, odpowiednio 14% tłuszczu, 11,7% białka, 1,7% popiołu oraz 0,5% proantocyjanidyn. Nasiona truskawkowe zawierają odpowiednio niższą zawartość elagotanin (1,0% vs. 3,2%) oraz węglowodanów (60,5% vs. 68,8%), w porównaniu do nasion malinowych.

Dzięki współpracy i specjalistycznym analizom wykonanym w Zakładzie Badania Bezpieczeństwa Żywności Instytutu Ogrodnictwa **osiągnięciem zbiorowym jest wykazanie, że** wysuszone wtloki truskawek i malin, a zwłaszcza same oczyszczone nasiona, w świetle obiektywnych wyników badań, można uznać za bezpieczne pod względem pozostałości pestycydów.

Szczegółowe dane na temat poziomu pozostałości pestycydów w truskawkach i wtlókach można znaleźć w artykule z moim udziałem:

1. Miszczak A, Sikorski P., Zagibajło K., Klimczak E., **Kosmala M.**, Król B.. Poziom pozostałości pestycydów w owocach oraz wtlókach powstałych jako produkt uboczny przetwórstwa truskawek na soki. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 2013/ 10, 17-19.

Z kolei ocena ryzyka dla konsumentów spożywających preparaty błonnikowe i elagotaninowe otrzymane z wtlóków truskawkowych została przedstawiona w artykule:

2. Sójka M., Miszczak A., Sikorski P., Zagibajło K., Karlińska E., **Kosmala M.** Pesticide residue levels in strawberry processing by-products that are rich in ellagitannins and an assessment of their dietary risk to consumers. *NFS Journal* 1 (2015) 31–37,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nfs.2015.09.001>.

H2. Juskiewicz J, Jankowski J., **Kosmala M.**, Zduńczyk Z., Słomiński B. A., Zduńczyk P. (2016). The effects of dietary dried fruit pomaces on growth performance and gastrointestinal biochemistry of turkey poult. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100, 967–976.

W tej publikacji podjęto zagadnienie składu chemicznego **przemysłowych wytlóków owocowych, jako komponentów karmy dla drobiu. Celem pracy było wyznaczenie składu chemicznego i zbadanie, czy 5% zawartość suszonych wytlóków owocowych z jabłek (AP), porzeczki czarnej (BCP) oraz truskawki (SP i SSP), o zróżnicowanej zawartości kompleksów błonnikowo-polifenolowych, może być stosowana w dietach indyków rzeźnych bez obniżenia przyrostów masy ciała i pogorszenia wykorzystania paszy.** Materiałem do badań były wysuszone wytloki owocowe z przetwórstwa na sok, odpowiednio: jabłek, porzeczek czarnych i truskawek zakupiono w firmie Agro-Bio-Produkt Sp. z o.o. w Grądkowicach, dysponującej suszarnią bębnową do biomasy SB-1.5. Nadto do doświadczeń zastosowano frakcję wytlóków truskawkowych pozbawioną nasion (SSP), którą otrzymano jako produkt uboczny w procesie separacji nasion do produkcji oleju. Materiał ten przygotowano w ramach grantu 3602/B/P01/2010/39 "Odzyskiwanie elagotanin z wybranych ubocznych produktów przetwórstwa owoców z rodziny różowatych (*Rosaceae*) wraz z oceną ich właściwości i bezpieczeństwa zdrowotnego", którego byłam wykonawcą (źródło finansowania: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego). Jako komponent kontrolny, stosowany w celu wyrównania poziomu włókna surowego w mieszankach, wykorzystano komercyjny preparat celulozowy Vitacel[®] firmy Rettenmaier. Finalne mieszanki paszowe były dostosowane do potrzeb pokarmowych indyków. Indyki karmiono paszami doświadczalnymi od 11 do 15 tygodnia życia, wszystkie diety suplementowane były dodatkowo olejem lnianym w ilości 2,5%. Zawartość błonnika pokarmowego w badanych wytlókach wynosiła od 56,5% w AP do 62,9% w SP. W porównaniu do AP wytloki owocowe (BCP, SP oraz SSP) charakteryzowały się wyższą zawartością włókna pokarmowego (41,2% vs. 52,7–59,3%) i ligniny (13,24% vs. 21,80–25,56%). Analiza składu monomerów ścian komórkowych wykazała, że głównym jej składnikiem w wytlókach owocowych jest celuloza, a pektyny stanowią niewielki w niej udział. Zawartość polifenoli wynosiła od 6 g/kg w AP do 12 g/kg w BCP i SP oraz 32,8 g/kg w SSP.

Wytłoki owocowe zastosowane w dietach indyków przez 15 tygodni nie wpłynęły statystycznie istotnie na końcową masę ciała zwierząt. Błonnik owocowy obniżał suchą masę treści jelita cienkiego zwierząt i obniżał korzystnie w nim pH. W jelicie ślepym statystycznie istotnie zmniejszały stężenie potencjalnie szkodliwego amoniaku i gnilnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, przy czym frakcja wytłoków (SSP) w największym stopniu zmniejszała ich stężenie.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H2 jest pozytywne zweryfikowanie koncepcji wykorzystania beznasiennej frakcji wytłoków truskawkowych, bogatej w błonnik pokarmowy i polifenole, lecz zanieczyszczonej do ok. 4% piaskiem, jako korzystnego dodatku do paszy przeznaczonej dla indyków.

Wpływ dodatku wytłoków truskawkowych pozbawionych nasion (SSF), uzyskanych jako produkt uboczny procesu otrzymywania oleju z nasion (H2 w punkt 5.1.), do diet indyków na jakość mięsa w porównaniu do dodatku wysuszonych wytłoków jabłkowych (AP) i porzeczkowych (BC) opisano w artykule:

1. Juskiewicz J., Jankowski J., Zieliński H., Zduńczyk Z., Mikulski D., Antoszkiewicz Z., **Kosmala M.**, Zduńczyk P. (2017). The fatty acid profile and oxidative stability of meat from turkeys fed diets enriched with n-3 polyunsaturated fatty acids and dried fruit pomaces as a source of polyphenols. PLoS ONE 12(1): e0170074. doi:10.1371/journal.pone.0170074.

Wpływ wytłoków owocowych na status antyoksydacyjny krwi oraz wątroby u indyków przedstawiono w artykule:

2. Jankowski J., Juśkiewicz J., Zduńczyk P., **Kosmala M.**, Zieliński H., Antoszkiewicz Z., Zduńczyk Z. Antioxidant status of blood and liver of turkeys fed diets enriched with polyunsaturated fatty acids and fruit pomaces as a source of polyphenols. Polish Journal of Veterinary Sciences Vol. 19, No. 1 (2016), 89–98.

H5. Kosmala M., Zduńczyk Z., Kołodziejczyk K., Klimczak E., Juśkiewicz J., Zduńczyk P. Chemical composition of polyphenols extracted from strawberry pomace and their effect on

physiological properties of diets supplemented with different types of dietary fiber in rats" *European Journal of Nutrition* (2014) 53:521–532.

Wodne i etanolowe wyciągi uzyskano z przemysłowych wyłoków truskawkowych wyprodukowanych w nowoczesnej linii produkcji zagęszczonych soków owocowych firmy ALPEX (Łęczęszce) po wydzieleniu z nich na odpowiednich sitach pozbawionej nasion frakcji o granulacji 2-5 mm. Otrzymane preparaty poddano analizie na zawartość białka, tłuszczu, suchej substancji, popiołu oraz całkowitego błonnika pokarmowego (TDF) i nierozpuszczalnego błonnika pokarmowego (IDF) według metod AOAC. W preparatach oznaczono metodami HPLC zawartość cukrów oraz polifenoli, w tym zawartość elagotanin i proantocyjanidyn. Wykazano, że suchy wyciąg wodny z wyłoków truskawkowych (PTW) zawierał 76% węglowodanów, w tym zawartość rozpuszczalnego błonnika pokarmowego (SDF) wynosiła blisko 22%. Uzyskany preparat zawierał także 5,65% polifenoli, 7,9% białka ogólnego i popiół w ilości 7,59%. Wyciąg etanolowy z wyłoków truskawkowych (PTE) zawierał 62,8% węglowodanów, w tym 10,2% SDF oraz 22,8% polifenoli, 4,6% białka, 1,78% popiołu. Głównymi grupami polifenoli obydwu wyciągów były elagotaniny i proantocyjanidyny. Stwierdzono, że udział elagotanin i procyanidyn w sumie polifenoli wyciągu wodnego wynosił, odpowiednio, 90,4% i 3,6%, natomiast w wyciągach etanolowych wynosił odpowiednio 59,3% i 37,8%. Do tej pory niewiele miejsca w literaturze poświęcono wyłokom truskawkowym, dlatego też nie ma wzmianek na temat składu polifenolowego wyciągów otrzymanych z ich biomasy dodatkowo pozbawionej nasion, jak opisano wyżej. Otrzymane i zanalizowane produkty wtórne w postaci suchych wyciągów polifenolowych zostały zastosowane do badań biologicznych opisanych w dalszej części artykułu [H4] w punkcie 5.3.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H5 jest wykazanie po raz pierwszy, że z przemysłowych wyłoków truskawkowych poddanych sukcesywnej ekstrakcji wodą i wodnym roztworem etanolu uzyskuje się preparaty bogate w rozpuszczalną frakcję błonnika pokarmowego oraz mieszaninę polifenoli o udokumentowanym zmiennym udziale elagotanin i proantocyjanidyn.

[H6] Kosmala M., Zduńczyk Z., Juśkiewicz J., Jurgoński A., Karlińska E., Macierzyński J., Jańczak R., Rój E. Chemical composition of defatted strawberry and raspberry seeds and the

effect of these dietary ingredients on polyphenol metabolites, intestinal function, and selected serum parameters in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2015, 63, 2989–2996.

Celem wykonanych badań było wzbogacenie wiedzy o składzie chemicznym śrut z nasion truskawki i maliny, poddanych odtłuszczeniu metodą ekstrakcji ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym.

Potrzebne do doświadczeń nasiona truskawek i malin wyodrębniono z wytlóków przemysłowych, powstających przy przetwarzaniu owoców na sok zagęszczony z wykorzystaniem sit 0,8 mm i 1,6 mm (wytloki truskawkowe) oraz sit 1,0 mm i 2,0 mm (wytloki malinowe). Następnie nasiona rozdrobniono do cząstek wielkości 0,4-0,6 mm i natychmiast umieszczono w ekstraktorze do ekstrakcji nadkrytycznej dwutlenkiem węgla (wykonanie w Instytucie Nowych Syntezy Chemicznych Puławach).

Wykazano, że głównym składnikiem odtłuszczonych śrut truskawki i maliny była frakcja błonnika pokarmowego. Odtłuszczona śruta z nasion malin, w porównaniu do śrut z nasion truskawek zawierała mniej białka surowego (10,4 vs 15,6%), mniej popiołu surowego (1,8 vs 3,6%), a więcej błonnika pokarmowego (73,7 vs 68,6%) głównie w formie nierozpuszczalnej (6,1 vs 1,4%); i więcej sumy polifenoli (2,41 vs 1,75%). Głównym składnikiem frakcji polifenolowej porównywanych nasion były elagotanniny (ET); 0,97 i 1,76%, odpowiednio w nasionach truskawki i maliny. W sumie polifenoli tych nasion udział ET wynosił odpowiednio 55% i 81%. W nasionach obu gatunków stwierdzono znaczącą zawartość proantocyjdyn, 0,64% w nasionach truskawki i 0,37% w nasionach maliny. Stopień polimeryzacji tych związków wynosił odpowiednio 4 i 2. Zawartość pozostałych grup polifenoli, flawonoli i antocyjanów, była niska. Porównywane preparaty różniły się składem elagotannin; w nasionach truskawki jedynym oligomerem była dimeryczna agrimonina, natomiast w nasionach malin była to sanguina H6 (dimer) i lambertianina C (trimer). Ponadto monomeryczne elagotanniny stanowiły 55% ET nasion truskawki, a zaledwie 18% ET malin.

Otrzymane i zanalizowane materiały zostały zastosowane do badań biologicznych opisanych w dalszej części artykułu [H5] w punkcie 5.4.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H6 jest zbadanie składu polisacharydowego i polifenolowego śrut z odtłuszczonych nasion malin i truskawek wyodrębnionych z przemysłowych wytlóków po produkcji soku pochodzących z krajowych owoców przetworzonych w nowoczesnej linii technologicznej. Istotne było wykazanie, że śruta z

nasion malin, w porównaniu do śruty z nasion truskawek zawiera więcej całkowitego błonnika pokarmowego (73,8 vs. 68,8%) i więcej sumy polifenoli (2,4 vs. 1,8%), lecz mniej proantocyjanidyn (0,37 vs. 0,64%).

H7. **Kosmala M.**, Jurgoński A., Juśkiewicz J., Karlińska E., Macierzyński J., Rój E., Zduńczyk Z.. Chemical Composition of Blackberry Press Cake, Polyphenolic Extract, and Defatted Seeds, and Their Effects on Cecal Fermentation, Bacterial Metabolites, and Blood Lipid Profile in Rats *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65 (27), 5470–5479, DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01876.

W artykule H7 scharakteryzowano skład chemiczny wysuszonych natywnych wyłoków jeżynowych (BF), wyłoków pozbawionych polifenoli (EBF), produktu wtórnego w postaci suchego wyciągu polifenolowego z wyłoków jeżynowych (BP) oraz śruty jeżynowej otrzymanej z odtłuszczonych nasion w procesie ekstrakcji nadkrytycznej ditlenkiem węgla (DBS). Produkty uboczne i wtórne przetwórstwa jeżyn na sok wykonano w skali laboratoryjnej. EBF otrzymano z wysuszonych wyłoków jeżynowych po sukcesywnej ekstrakcji 70% etanolem i 70% acetonem, a następnie wysuszeniu. Uzyskane wyciągi (acetonowy i etanolowy) połączono. Oddestylowano w wyparce próżniowej, a następnie zliofilizowano otrzymując preparat polifenolowy, BP. Głównym składnikiem badanych produktów (BF, EBF i BSD) była frakcja polisacharydowa. W wyniku ekstrakcji polifenoli w preparacie EBF zawartość błonnika pokarmowego wzrosła (z 60,3% w BF do 65,5% w EBF), natomiast preparat błonnikowy uzyskany z odtłuszczonych nasion zawierał najwyższą ilość błonnika pokarmowego (72,7%). Wszystkie preparaty błonnikowe miały porównywalną zawartość białka i popiołu (odpowiednio 11% i 2%). Preparaty BF i EBF charakteryzowała zbliżona zawartość tłuszczu (10,8 i 11,8%), a śruta (DBS) zawierała jedynie śladowe ilości tłuszczu (0,3%). Niskocząsteczkowe węglowodany zostały wyekstrahowane w procesie ekstrakcji polifenoli, dlatego preparat EBF zawierał ich znacznie mniej niż preparat BF (2,6% vs. 8,2%), a w przypadku preparatu BP stanowiły one jego główny składnik (50,6%). Trzy produkty (BF, EBF i BP) miały porównywalną zawartość błonnika rozpuszczalnego (odpowiednio 2,8; 4,4; i 2,3%, natomiast w odtłuszczonej śrucie z nasion (DBS) zawartość błonnika rozpuszczalnego wynosiła zaledwie 0,2% i była wyraźnie niższa w porównaniu do zawartości błonnika rozpuszczalnego w odtłuszczonych nasionach malin 6,1% [H6]. Zawartości niskocząsteczkowych węglowodanów w odtłuszczonej śrucie z nasion maliny i

jeżyny były podobne (7,3 i 7,4%) podobnie jak zawartość TDF, odpowiednio 73,7 i 72,7%. Preparat BP był bogaty w polifenole (29,3%) a także zawierał nieznaczne ilości białka, błonnika rozpuszczalnego i tłuszczu.

Głównymi składnikami polifenolowymi wszystkich badanych jeżynowych produktów BF, EBF, DBS oraz preparatu polifenolowego BP były elagotaniny i proantocyjanidyny, odpowiednio: 2,61 i 0,63%; 0,40 i 0,41%; 2,46 i 0,74% oraz 24,8 i 1,39%, a zatem udział elagotanin w mieszaninie tych dwóch grup polifenoli wynosił, odpowiednio 81%, 50%, 76,9%, 94,7%. Z przedstawionych danych wynika, że zawartości elagotanin i proantocyjanidyn w wysuszonych natywnych wyciekach i odtłuszczonej śrucie nasiennej są porównywalne po około 2,5% i 0,7%, lecz są istotnie wyższe w porównaniu do zawartości tych samych polifenoli w śrucie z nasion maliny, odpowiednio 1,75% i 0,37% [H6]. Z porównania zawartości elagotanin i proantocyjanidyn w natywnych wyciekach jeżynowych BF i wtórnych wyciekach poekstrakcyjnych EBF wynika, że w zastosowanej dwustopniowej metodzie ekstrakcji, odpowiednio, 70% etanolem i 70% acetonem, wydajność ekstrakcji elagotanin wynosi 84,7%, zaś proantocyjanidyn zaledwie 36%, nadto wydajność ekstrakcji antocyjanów była bliska 100%.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H7 było wykazanie, że wysuszone natywne wycieki jeżynowe oraz wycieki poekstrakcyjne po sukcesywnej ekstrakcji 70% roztworem etanolu i 70% roztworem acetonu charakteryzuje podobieństwo pod względem zawartości składników odżywczych, a w szczególności białka, popiołu, tłuszczu i polisacharydów, w tym błonnika pokarmowego i jego frakcji rozpuszczalnej oraz istotne zróżnicowanie w zakresie zawartości elagotanin i proantocyjanidyn, ponieważ wydajność ekstrakcji tych pierwszych wynosi 85% a tych drugich 36%.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H7 jest także zbadanie składu polisacharydowego i polifenolowego śrutu z odtłuszczonych nasion jeżyny, metodą SCF, wyodrębnionych z wycieków po produkcji soku, a w szczególności wykazanie, że śruta ta w porównaniu do śrutu z odtłuszczonych nasion maliny charakteryzuje się podobną zawartością błonnika pokarmowego (72,7 vs 73,7) i niskocząsteczkowych sacharydów (7,4 vs. 7,3) oraz o 40% wyższą zawartością elagotanin odpowiednio 2,46% vs. 1,76% oraz dwukrotnie wyższą zawartością proantocyjanidyn odpowiednio 0,74% vs. 0,37%. Dla porównania śruta z odtłuszczonych nasion truskawki zawiera 68,7% błonnika pokarmowego, 1,4% frakcji rozpuszczalnej błonnika oraz 5,3% niskocząsteczkowych sacharydów, zaś zawartość

elagotanın wynosi 0,97% a proantocyjanidyn 0,64%.

Scharakteryzowane powyżej preparaty uboczne i wtórne z truskawek, malin oraz jeżyn zostały poddane badaniom fizycznym i biologicznym przedstawionym w publikacjach **H5, H6 i H7**, a także opisanym w pkt. 5.4.

5.2. Właściwości fizykochemiczne oraz skład polisacharydowy błonnika pokarmowego owoców, soku i wyłoków trzech odmian śliw uprawianych w Polsce

H3. Kosmala M., Milala J., Kołodziejczyk K., Markowski J., Zbrzeźniak M., Renard C. M.G.C. Dietary fiber and cell wall polysaccharides from plum (*Prunus domestica* L.) fruit, juice and pomace: comparison of composition and functional properties for three plum varieties. Food Research International 54 (2013) 1787–1794.

W artykule H3 scharakteryzowano błonnik pokarmowy otrzymany z wyłoków śliwkowych trzech odmian śliwek ‘Promis’, ‘Najbolja’ i ‘Dąbrowicka’ (wszystkie *Prunus domestica* L.) w porównaniu do błonnika otrzymanego z owoców i soku. Wykorzystano takie metody jak oznaczenie zawartości błonnika pokarmowego (TDF) i udziału frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej, składu cukrowego polisacharydów metodą GC-FID po hydrolizie według Saemana wraz z oznaczeniem metanolu i stopnia metylacji pektyn metodą Headspace-GC-MS po saponifikacji. Otrzymane błonniki poddano również ocenie pod względem właściwości hydratacyjnych tj. pęcznienia i zdolności do wiązania wody (WBC). Następnie dokonano sekwencyjnej ekstrakcji polisacharydów według następującego 6-stopniowego procesu: ekstrakcja wodna uwalniająca słabo związane pektyny (WSP – Water Soluble Pectins), ekstrakcja CDTA uwalniająca pektyny związane przez wapń (ChSP – Chelator Soluble Pectins); ekstrakcja 0,1 mol/L Na₂CO₃ uwalniająca pektyny związane estrowo (DASP – Diluted Alkali Soluble Pectins), ekstrakcja 4 mol/L NaOH i NaBH₄ 1 g/L uwalniająca hemicelulozy i niektóre pektyny silnie związane z celulozą lub hemicelulozami (CASP – Concentrated Alkali Soluble Polysaccharides), powtarzana ekstrakcja wodna aż do zaniku odczynu alkalicznego prowadząca do całkowitej ekstrakcji rozgałęzionych pektyn (Water residue), pozostałość składająca się głównie z celulozy (**Kosmala et al., 2009**). Frakcje poddano analizie rozkładu masowego metodą HPSEC. Analiza błonnika otrzymanego zarówno z owoców, jak i soku mętnego oraz wyłoków pozwoliła na kompleksową ocenę zmian zachodzących w nim podczas procesu

technologicznego. Warto podkreślić, że same śliwki charakteryzują się korzystnym składem błonnika pokarmowego, gdzie frakcja rozpuszczalna (SDF), głównie w postaci pektyn, stanowi 50% całkowitego błonnika pokarmowego, z niewiele mniejszym udziałem dla odmiany o dużych owocach 'Najbolja'. Przetwory śliwkowe ze względu na wysoką zawartość kwasów hydroksycynamonowych wykazują silne brunatnienie postępujące wraz z przechowywaniem. Ciemny produkt nie spotyka się z uznaniem konsumentów i z tej przyczyny soki śliwkowe nie są w zasadzie obecne na rynku. Ponadto wysoka zawartość sorbitolu i jego działanie przeczyszczające ograniczają możliwości większego spożycia tego soku.

5.2.1. Skład błonnika śliwkowego

Błonnik pokarmowy stanowił od 1,8% do 2,5% świeżej masy owoców śliwkowych a jego udział w wyłokach wzrastał 5-krotnie (12–16% świeżej masy i więcej niż 50% suchej masy). Udział błonnika rozpuszczalnego do całkowitego wynosił w owocach od 40% ('Najbolja') do 53% ('Dąbrowicka' oraz 'Promis'), natomiast w wyłokach od 13% ('Dąbrowicka') do 22% ('Najbolja'). Skład błonnika pokarmowego charakteryzował się wysoką zawartością kwasu galakturonowego (222–387 mg/g dla owoców oraz 335–393 mg/g dla wyłoków) oraz celulozy (108–126 mg/g dla owoców oraz 129–172 mg/g dla wyłoków). Galaktoza występowała w stężeniach wyższych niż arabinoza. Stopień metylacji pektyn był wyższy od 50% osiągając wartość 77% dla odmiany 'Promis'. Ksyloza, mannoza, ramnoza stanowiły niewielki udział błonnika owoców (10–20 mg/g błonnika), a fukoza występowała w śladowych ilościach. Frakcja rozpuszczalna błonnika (0,3–1,1% świeżej masy soku) występująca w mętym soku śliwkowym charakteryzuje się podobną zawartością kwasu galakturonowego jak błonnik owoców, wyższą zawartością galaktozy, arabinozy i ramnozy oraz niższą zawartością ksylozy i mannozy oraz brakiem glukozy pochodzącej z celulozy. Stopień metylacji dla wyłoków był obniżony do 30% jako skutek użycia enzymów w procesie hydrolizy enzymatycznej przed tłoczeniem soku. W porównaniu do owoców w wyłokach wzrosła zawartość celulozy, od 20% dla odmiany 'Promis' do 60% dla 'Dąbrowicka'.

5.2.2. Właściwości fizyko-chemiczne błonnika śliwkowego

Błonnik pokarmowy otrzymany z owoców śliwkowych charakteryzował się wysokimi

zdolnościami do wiązania wody (WBC) 12,7–15,6 g/g, a także pęcznienia 27,2–29,2 mL/g. Z kolei błonnik z wyłoków miał te wartości obniżone (WBC 5,5–7,1 g/g a pęcznienie 11,5–13,8 mL/g). Wartości te jednak były wystarczająco duże, aby można było użyć błonnika z wyłoków śliwkowych jako składnika funkcjonalnego w produktach spożywczych.

5.2.3. Sekwencyjna ekstrakcja polisacharydów

Błonnik z owoców i wyłoków poddano sekwencyjnej ekstrakcji polisacharydów. W błonniku z owoców główną frakcją był DASP, następnie hemicelulozowa frakcja, czyli CASP (dla odmian 'Promis', 'Dąbrowicka') lub celulozowa Pozostałość ('Najbolja'). W błonniku z wyłoków CASP była zawsze główną frakcją, zawartość frakcji DASP stanowiła połowę tej frakcji z owoców, a zawartość frakcji rozpuszczalnych pektyn, czyli WSP i ChSP była znacznie niższa niż w owocach. Kwasy uronowe były głównym komponentem pierwszych trzech frakcji pektynowych (WSP, ChSP, DASP). Udział Ara/Gal we frakcjach WSP i ChSP był zbliżony do 1:1 dla odmiany 'Promis' zarówno dla owoców jak i dla wyłoków, natomiast udział ten dla odmiany 'Najbolja' i 'Dąbrowicka' był zbliżony do 1:2. Skład frakcji WSP wyłoków był porównywalny ze składem WSP owoców, natomiast frakcja DASP wyłoków miała znacząco niższy udział galaktozy niż w owocach. Udział molowy kwasów uronowych do ramnozy dla frakcji WSP i DASP był bardzo zbliżony, zaś w wyłokach był obniżony we frakcji WSP i zwiększony we frakcji DASP. We frakcji ChSP udział ten był wysoki zarówno w owocach jak i wyłokach (> 100), za wyjątkiem odmiany 'Promis'. Skład frakcji hemicelulozowych (CASP) był zbliżony dla owoców i wyłoków. Podsumowując, działanie enzymów w procesie tłoczenia soku spowodowało obniżenie zawartości łatwo ekstrahowalnych pektyn (WSP) a także trudniej ekstrahowanych pektyn (DASP) w błonniku z wyłoków. Natomiast frakcja ChSP, frakcja hemiceluloz (CASP), pektyn uzyskanych po usunięciu hemiceluloz (Water residue) oraz frakcja nierozpuszczalna nie uległy modyfikacji.

5.2.4. Profil masowy sekwencyjnie otrzymanych pektyn

Uzyskane w procesie ekstrakcji sukcesywnej frakcje poddano analizie HPSEC. Nie stwierdzono różnic między odmianami. Pektyny o największej masie stwierdzono we frakcjach WR (500 000 u), o najmniejszej masie we frakcjach DASP (300 000 u). W ekstraktach z owoców frakcje WSP,

ChSP i DASP zawierały pektyny o wyższej masie molowej, niż frakcje z wytlóków. Frakcja WR z wytlóków była zbliżona do frakcji z owoców i miała bardzo heterogeny charakter. HPSEC soków śliwkowych w porównaniu do owoców również ukazał rozkład pektyn przez enzymy pektynolityczne.

Podsumowując można stwierdzić, że zawartość błonnika pokarmowego w wytlókach była od 5 do 9 razy większa niż w owocach. Z kolei zawartość błonnika rozpuszczalnego wyrażona, jako pektyny rozpuszczalne w wodzie (WSP) oraz pektyny rozpuszczalne w czynniku chelatującym (ChSP) była znacząco niższa w porównaniu do owoców. To powodowało, że zdolności hydratacyjne błonnika z wytlóków były dwukrotnie niższe niż błonnika otrzymanego z owoców, jednakże nadal wystarczająco duże, aby móc wykorzystać otrzymany błonnik jako składnik wzbogacający produkty spożywcze (zdolność do wiązania wody, WBC, 5 g/g). Dowiedziałam w badaniach, że pomimo zastosowania w procesie tłoczenia soku enzymów pektynolitycznych, wytloki śliwkowe stanowią skoncentrowane źródło błonnika pokarmowego o właściwościach prozdrowotnych. Badania te zostały przeprowadzone we współpracy z zespołem dr Catherine Renard z Institut National de la Recherche Agronomique, Avignon, Francja.

Badania zostały zrealizowane w części w ramach projektu ISAFRUIT "Food Quality and Safety" 6 Programu Ramowego Unii Europejskiej (Contract no. FP6-FOOD-CT-2006-016279), w którym byłam wykonawcą oraz w części w ramach projektu „Charakterystyka składu i właściwości preparatów błonnikowych o zmiennym udziale i składzie sacharydów ścian komórkowych i polifenoli” w ramach Programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Juventus Plus” (okres realizacji 5 czerwca 2011-5 czerwca 2012), którego byłam kierownikiem.

Osiągnięciem autorskim H3 było udowodnienie, że wytloki śliwkowe stanowią skoncentrowane źródło błonnika pokarmowego o znacznej zawartości kwasu galakturonowego nawet, jeśli w procesie tłoczenia soku zastosowano enzymy pektynolityczne. W samych owocach głównym składnikiem błonnika jest kwas galakturonowy oraz galaktoza, arabinoza i celuloza, w wytlókach następuje zagęszczenie celulozy w stosunku do pozostałych składników.

5.3. Otrzymywanie, skład, właściwości fizyko-chemiczne i oddziaływanie biologiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciągami z wytlóków

H4. Kosmala M., Zduńczyk Z., Karlińska E., Juśkiewicz J. The effects of strawberry, black

currant, and chokeberry extracts in a grain dietary fiber matrix on intestinal fermentation in rats. Food Research International 64 (2014) 752–761.

Celem pracy H4 było zbadanie składu chemicznego i właściwości reologicznych i antyoksydacyjnych oraz fizjologicznego oddziaływania w przewodzie pokarmowym preparatów spożywczych złożonych z błonnika zbożowego (pszennego lub owsianego) oraz wodnych wyciągów polisacharydowo-polifenolowych z wyciągów owoców jagodowych takich jak truskawka, aronia i czarna porzeczka. W tym celu sporządzono preparaty błonnikowe mieszane łączące w sobie wyciągi polisacharydowo-polifenolowe otrzymane z wyciągów owocowych (truskawka, czarna porzeczka i aronia) oraz dostępne w handlu wysoko oczyszczone błonniki zbożowe, pszenne i owsiane. Zbadano właściwości fizyko-chemiczne otrzymanych preparatów na przykładzie zdolności do wiązania wody i oleju i pęcznienia w wodzie oraz ich oddziaływanie na procesy fermentacyjne przewodu pokarmowego u szczurów.

5.3.1. Otrzymywanie i skład błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciągami z wyciągów

Wyciągi polifenolowe uzyskano poprzez ekstrakcję wysuszonych wyciągów owocowych (truskawka *Fragaria ananassa*, czarna porzeczka *Ribes nigrum* L., aronia *Aronia melanocarpa*) otrzymanych z przemysłowego przetwarzania owoców na sok w nowoczesnym zakładzie produkcyjnym (ALPEX, Łęczęszycy) w procesie trójstopniowej ekstrakcji wodą o temperaturze 70°C. Wodne wyciągi zateżano do uzyskania 20 Bx. Następnie wyciąg owocowy (truskawkowy, porzeczkowy, aroniowy) o 20 Bx mieszano z wyselekcjonowanym błonnikowym zbożowym, odpowiednio błonnik pszenne Rettenmaier WF 200R lub owsiane Rettenmaier HF 600 w proporcji 2:1, a następnie przesiewano przez sito o przekroju oczek 2 mm, suszono w suszarce konwekcyjnej o temperaturze powietrza 60 °C i po wysuszeniu do 92-95% ss. przecierano przez sito o przekroju oczek 0,8 mm. W uzyskanych produktach oznaczono skład chemiczny metodami AOAC. Zawartość polifenoli, w tym elagotanin, oznaczono metodą HPLC. Zawartość elagotanin wyznaczono z ilości kwasu elagowego uwolnionego w standardowych warunkach hydrolizy kwasowej. Do oznaczenia flawanoli (proantocyjanidyn i wolnych katechin) zastosowano metodę degradacji proantocyjanidyn w środowisku kwaśnym z użyciem nadmiaru floroglucynolu. Do charakterystyki aktywności przeciwutleniającej wyciągów z owoców i preparatów błonnikowych

wykorzystano zmodyfikowaną metodę Hatano. Wzbogacanie błonników zbożowych wyciągami z wyłoków owocowych zmniejszało zawartość całkowitego błonnika pokarmowego a zwiększało zawartość frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego, zwiększało zawartość cukrów, w tym o potencjalnie niekorzystny sorbitol w przypadku wyciągu aroniowego, zwiększało kwasowość oraz zwiększało zawartość polifenoli, co powodowało wzrost aktywności antyoksydacyjnej preparatów. W zależności od pochodzenia zastosowanego wyciągu nastąpiło wzbogacenie preparatów zbożowych w charakterystyczne grupy polifenoli. Wyciąg truskawkowy wnosił głównie elagotaniny i proantocyjanidyny, a porzeczkowy i aroniowy proantocyjanidyny i antocyjany.

5.3.2. Właściwości fizyko-chemiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciągami z wyłoków

Błonnik pszenny wykazywał wyższą zdolność do wiązania wody, pęcznienia i zdolność do wiązania oleju, w porównaniu do błonnika owsianego. Dodatek wyciągów z badanych wyłoków owocowych w proporcji (2:1) do błonnika zbożowego powodował statystycznie istotny spadek zdolności wiązania wody. W przypadku błonnika pszennego dodatek wyciągów z wyłoków truskawkowych i porzeczkowych podobnie obniżał zdolność wiązania wody średnio o blisko 30% wartości wyjściowej, a wyciąg z aronii obniżał zdolność wiązania wody średnio o 35%. W przypadku błonnika owsianego wszystkie badane wyciągi obniżały zdolność wiązania wody o ponad 40%. Dodatek wyciągów obniżał pęcznienie błonnika pszennego, natomiast nie miał wpływu na pęcznienie błonnika owsianego. Zdolność do wiązania oleju przez preparaty z błonnikiem pszenным była obniżana przez dodatek wyciągu owocowego, natomiast w przypadku preparatów z błonnikiem owsianym wiązanie oleju było nawet zwiększone.

5.3.3. Oddziaływanie biologiczne błonnikowych preparatów zbożowych wzbogaconych wyciągami z wyłoków

Badanie oddziaływań biologicznych produktów wzbogaconych przeprowadzono na modelach zwierzęcych (szczury rasy Wistar) wykonano w Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, zgodnie z wnioskiem zaakceptowanym przez Lokalną Komisję Etyczną do Spraw Doświadczeń na Zwierzętach. Doświadczenie, prowadzone na 8 grupach

doświadczalnych, trwało 4 tygodnie. Grupy doświadczalne były złożone z 8 szczurów utrzymywanych indywidualnie w okresie od 4 do 8 tygodni życia. Diety doświadczalne różniły się jedynie składem preparatu błonnika pokarmowego, odpowiednio pszennego, owsianego, pszenno-truskawkowego, owsiano-truskawkowego, pszenno-porzeczkowego, owsiano-porzeczkowego oraz pszenno-aroniowego i owsiano-aroniowego podawanego w ilości 8% diety. Połączenie wodnych wyciągów owocowych, zateżonych do 20 Bx (truskawkowego, z czarnej porzeczki i aroniowego) z błonnikiem zbożowym (pszennym lub owsianym) w proporcji ilościowej 2:1 skutkowało obniżeniem zawartości całkowitego błonnika pokarmowego z 94% i 88%, odpowiednio w błonniku pszennym i owsianym, do 65-71% w preparatach zbożowo-owocowych i jednocześnie zwiększenia zawartości polifenoli w tych preparatach do poziomu 0,7-0,8%, 1,1-1,2 i 2,5-2,9%, odpowiednio w preparatach zbożowo-porzeczkowych, zbożowo-truskawkowych i zbożowo-aroniowych. Zawartość polifenoli w preparatach zbożowo-owocowych spowodowała znaczące zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego tych preparatów, z równoczesnym pogorszeniem cech reologicznych, przede wszystkim zdolności wiązania wody. Zastosowanie takich preparatów w dietach szczurów nie zakłóciło podstawowych funkcji przewodu pokarmowego, w tym aktywności glikolitycznej mikroflory i produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym. W stosunku do diet z wyjściowym błonnikiem pszennym i owsianym jedynie diety z preparatami zbożowo-truskawkowe (bogate w elagotaniny) zwiększały produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym. W porównaniu z dietą z preparatem zbożowo-truskawkowym produkcja krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym szczura była statystycznie istotnie niższa w grupie z preparatem zbożowo-porzeczkowym (zawierającym proantocyjanidyny), a przede wszystkim w grupie z preparatem zbożowo-aroniowym, w którym zawartość polifenoli, w tym proantocyjanidyn, była największa. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że wyciąg wodny z truskawki wykazywał korzystniejsze właściwości fizjologiczne, niż wyciąg z porzeczki czarnej i aronii. Preparat zbożowo-truskawkowy cechował się najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym w odniesieniu do ilości zawartych polifenoli, jak również najkorzystniejszym wpływem na aktywność enzymatyczną mikroflory jelita ślepego zwierząt doświadczalnych. Artykuł H4 zawiera wyniki badań uzyskane w ramach projektu Iuventus „Charakterystyka składu i właściwości preparatów błonnikowych o zmiennym udziale i składzie sacharydów ścian komórkowych i polifenoli” w ramach Programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

„Juventus Plus” (okres realizacji 5 czerwca 2011- 5 czerwca 2012), którego byłam kierownikiem.

Osiągnięciem autorskim w publikacji H4 jest wykazanie sposobu wykorzystania wytlóków owocowych (aroniowe, z czarnej porzeczki, truskawkowe) do otrzymania wyciągów o znacznej zawartości błonnika i polifenoli wzbogacenie nimi błonników zbożowych w celu otrzymania nowych produktów funkcjonalnych. Ponadto udowodniłam, że wyciąg truskawkowy, mimo że zawierał mniej polifenoli niż aroniowy, wykazuje najkorzystniejsze oddziaływanie na funkcje fermentacyjne układu pokarmowego w badaniach modelowych na zwierzętach. Opracowane i scharakteryzowane przeze mnie preparaty błonnikowe na bazie preparatów zbożowych i wyciągów owocowych można uznać za obiecujący komponent do wytwarzania suplementów diety.

5.4. Prozdrowotne oddziaływanie wybranych produktów ubocznych i wtórnych z przetwórstwa truskawek, malin i jeżyn na soki w badaniach modelowych na szczurach [H5, H6, H7]

W kolejnych artykułach (H5, H6 i H7) przedstawiono wyniki badań dotyczących oddziaływania wybranych produktów ubocznych i wtórnych z przetwórstwa trzech badanych owoców na funkcje fermentacyjne, powstawanie metabolitów polifenoli i biochemię krwi szczurów doświadczalnych. Badania te zostały przeprowadzone w ramach współpracy z zespołem profesora Zenona Zduńczyka z Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie.

H5. Kosmala M., Zduńczyk Z., Kołodziejczyk K., Klimczak E., Juśkiewicz J., Zduńczyk P. Chemical composition of polyphenols extracted from strawberry pomace and their effect on physiological properties of diets supplemented with different types of dietary fiber in rats" European Journal of Nutrition (2014) 53:521–532.

W artykule starałam się odpowiedzieć na dwa interesujące z poznawczych i praktycznych względów zagadnienia: 1) jaki jest skład polifenoli wytlóków z truskawki, możliwych do uzyskania prostymi metodami ekstrakcji oraz 2) jaki wpływ na fizjologiczne właściwości tych związków może mieć zawartość i właściwości błonnika pokarmowego zastosowanego równocześnie w diecie.

Celem wykonanych badań było poznanie fizjologicznych oddziaływań w przewodzie pokarmowym wyciągu wodnego i wodno-alkoholowego z wycieków truskawkowych (scharakteryzowanych w punkcie 5.1) w zależności od rodzaju błonnika zastosowanego w diecie, odpowiednio, trudno fermentowanej celulozy i łatwo fermentowanych fruktooligosacharydów w porównaniu do diety kontrolnej. Liofilizowany wyciąg wodny (PTW) zawierał 5,1% kwasu elagowego, (związanego w postaci elagotanin) oraz 0,2% proantocyjanidyn. Wyciąg wodno-alkoholowy (PTE) zawierał 17,1% kwasu elagowego (związanego w postaci elagotanin) i 10,9% proantocyjanidyn. Oba wyciągi podawano szczurom przez 4 tygodnie w dawce ekwiwalentnej 0,06% kwasu elagowego jako komponent diety AIN-93 z dodatkiem 5% celulozy lub fruktooligosacharydów. Wyciągi PTW i PTE zastosowane w dietach stanowiły niewielką jej część, odpowiednio 1,2% i 0,4%, a zawarte w nich składniki odżywcze nie pełniły istotnej roli fizjologicznej. Zastosowano następujące kryteria oceny biologicznej 1) spożycie diet, masa ciała szczurów i wykorzystanie paszy w okresie 4 tygodni doświadczenia; 2) Wskaźniki rozwoju jelita grubego szczurów; masa ściany jelita ślepego, ilość treści pokarmowej i zawartość w niej suchej masy i amoniaku; 3) Wskaźniki egzogenego trawienia treści pokarmowej w jelicie grubym, w tym pH, aktywność enzymów pochodzenia mikrobiologicznego (α - i β - galaktozydazy, α - i β -glukozydazy, β -glukuronidazy) oraz suma i skład krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych). Stosowane zabiegi żywieniowe mogą w zróżnicowany sposób wpływać na aktywność enzymatyczną mikroflory jelita ślepego szczurów. Generalnie dobrze jest, jeżeli dieta zwiększa aktywność mikroflory. Jednakże wzrost aktywności hydrolitycznej β -glukozydazy ma jednocześnie pozytywne i negatywne znaczenie, gdyż jest ona odpowiedzialna za produkcję zarówno substancji antynowotworowych jak i toksyn. Z kolei obniżenie aktywności β -glukuronidazy uważane jest za efekt pozytywny w obniżaniu prawdopodobieństwa wystąpienia nowotworów, gdyż enzym ten ułatwia przekształcenie ksenobiotyków w substancje toksyczne. Wykazano, że dodatek preparatów polifenoli truskawkowych nie wpłynął niekorzystnie na pobór diety czy masę zwierząt, natomiast wpłynął na niektóre parametry przewodu pokarmowego. Dodatek wyciągów zwiększył ilość treści jelita ślepego, przy czym tylko w przypadku wyciągu PTW była to różnica statystycznie istotna, w porównaniu z grupą kontrolną ($p=0,001$). PTW w porównaniu do PTE statystycznie istotnie zwiększył masę treści jelita ślepego (1,45 vs. 1,27 g/100 g masy ciała). W porównaniu z dietami z celulozą, diety z dodatkiem fruktooligosacharydów (FOS) istotnie podwyższyły masę jelita cienkiego z treścią oraz masę

treści jelita ślepego (oba $p = 0,001$). Zawartość FOS w diecie skutkowała również obniżeniem pH treści jelita cienkiego i pH treści jelita ślepego oraz obniżeniem zawartości suchej masy w treści jelita ślepego ($p = 0,001$). Oba wyciągi, podobnie jak dieta kontrolna z samym dodatkiem fruktooligosacharydów (5%), zmniejszyły aktywność β -glukuronidazy w treści jelita ślepego, przy czym PTW wykazywał wyższą skuteczność niż PTE (7,59 vs. 9,20 $\mu\text{mol/h/g}$, $P = 0,001$). Zastosowanie porównywanych źródeł polifenoli truskawki w diecie zróżnicowało aktywność bakteryjnej α -galaktozydazy i β -glukuronidazy ($p=0,001$) w kale szczurów. Istotne obniżenie aktywność β -glukuronidazy odnotowano u szczurów otrzymujących w diecie preparat PTW, zwłaszcza w diecie z równoczesnym zastosowaniem FOS. W porównaniu z grupami kontrolnymi, u szczurów żywionych dietami z zawartością preparatów polifenoli, stwierdzono istotnie niższe stężenie kwasu octowego, propionowego, masłowego i sumy krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelita ślepego. PTW w porównaniu do PTE statystycznie istotnie zwiększył produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (86,1 vs. 71,4 $\mu\text{mol/100 g}$ masy ciała). Stężenie kwasu izomasłowego i walerianowego obniżyła jedynie zawartość preparatu PTE w diecie. Kwas propionowy wykazywał interakcję między włóknom a rodzajem polifenoli i jego stężenie było podwyższane przez dietę z dodatkiem fruktooligosacharydów oraz dietę z PTE. W porównaniu z dietami z dodatkiem celulozy, diety z zawartością FOS podwyższyły stężenie kwasu octowego, propionowego i masłowego, a obniżyły stężenie kwasu izomasłowego. Polifenole truskawkowe w największym stopniu zmniejszały stężenia gnilnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza kwasu walerianowego i izomasłowego. Wpływ polifenolowych składników wyciągów truskawkowych w przewodzie pokarmowym dotyczył głównie obniżania potencjalnie szkodliwych enzymów β -glukozydazy i β -glukuronidazy w treści jelita ślepego i kale. Fruktooligosacharydy i wyciągi polifenolowe, a zwłaszcza wodny, działały synergistycznie w zmniejszaniu aktywności zwłaszcza β -glukuronidazy. Badania były wykonane w części w ramach projektu badawczego własnego "Odzyskiwanie elagotanin z wybranych ubocznych produktów przetwórstwa owoców z rodziny różowatych (*Rosaceae*) wraz z oceną ich właściwości i bezpieczeństwa zdrowotnego" (okres realizacji: 30.09.2010-29.09.2013 N N312 360 139, w którym byłam wykonawcą oraz w części w ramach projektu „Charakterystyka składu i właściwości preparatów błonnikowych o zmiennym udziale i składzie sacharydów ścian komórkowych i polifenoli” w ramach Programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Juventus Plus” (okres realizacji 5 czerwca 2011- 5

czerwca 2012), w którym byłam kierownikiem.

Osiągnięciem autorskim publikacji H5 było wykazanie, że wodne wyciągi błonnikowo-polifenolowe uzyskane z przemysłowych wyłoków truskawkowych, zawierające w suchej masie około 76% węglowodanów, w tym 22% frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego i 5,5% polifenoli, głównie elagotanin, korzystnie wpływają na fermentacyjne funkcje jelita grubego zmieniając aktywność enzymatyczną mikroflory, a w szczególności hamują aktywność β -glukuronidazy oraz wpływając na wzrost udziału korzystnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w tym głównie kwasu masłowego.

Z tego względu wodne wyciągi z wyłoków truskawkowych obok dwóch innych wykorzystano do wzbogacania błonników zbożowych w badaniach przedstawionych w artykule H4.

H6. Kosmala M., Zduńczyk Z., Juśkiewicz J., Jurgoński A., Karlińska E., Macierzyński J., Jańczak R., Rój E. Chemical composition of defatted strawberry and raspberry seeds and the effect of these dietary ingredients on polyphenol metabolites, intestinal function, and selected serum parameters in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2015, 63, 2989–2996.

Celem badań było uzyskanie wiedzy o wpływie odtłuszczonej śruty truskawkowej i malinowej na funkcje fermentacyjne jelita grubego, poziom glukozy we krwi i wybrane parametry metabolizmu lipidowego szczurów doświadczalnych. Odtłuszczone nasiona truskawki i maliny w postaci śruty zostały wprowadzone do diety zwierząt w ilości 6% zamiast odpowiedniej ilości skrobi kukurydzianej, jako głównego komponentu diety AIN-93 z dodatkiem 5% celulozy. Wraz z odtłuszczoną śrutą nasion truskawki i maliny wprowadzono do diety około 1% białka, 4% błonnika pokarmowego, oraz 0,12% polifenoli. Dlatego obie diety doświadczalne uzupełniono 1% dodatkiem celulozy, jako źródła błonnika. We wszystkich dietach zastosowano fruktooligosacharydy (FOS) w ilości 3%, celem ograniczenia możliwego, negatywnego wpływu polifenoli na fermentacyjne funkcje przewodu pokarmowego. Diety podawano przez okres 28 dni. Grupę kontrolną stanowiła grupa karmiona również dietą z błonnikiem – celulozą.

Po 4 tygodniach prowadzenia doświadczenia wykonano ocenę biologiczną obejmującą: 1) Spożycie diet i wskaźniki wzrostu i rozwoju szczurów; 2) Wskaźniki przebiegu procesów fermentacyjnych w jelicie cienkim i ślepym w tym pH, aktywność enzymów pochodzenia mikrobiologicznego (α - i β -galaktozydazy, α - i β -glukozydazy, β -glukuronidazy) oraz suma i

skład krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych; 3) oznaczenie wskaźników biomedycznych krwi.

Zastosowanie preparatów odtłuszczonych nasion truskawki i malin w dietach nie wpłynęło na spożycie paszy i przyrost masy ciała szczurów. W porównaniu z grupą C, u szczurów z grupy Truskawka (śruta truskawkowa) i Malina (śruta malinowa) stwierdzono niższą masę jelita cienkiego z treścią ($P=0,028$), mniejszą masę treści jelita ślepego ($P=0,004$) oraz wyższą zawartość suchej masy w treści jelita ślepego ($P<0,001$). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy wartościami pH treści jelit. Prawdopodobnie był to efekt fizjologicznego oddziaływania błonnika pokarmowego nasion, którym zastąpiono 4% celulozy w diecie kontrolnej. W niniejszym doświadczeniu nie stwierdzono zwiększonego uwodnienia treści jelit szczurów karmionych dietami z zawartością nasion z owoców. Koncentracja suchej masy była nawet zwiększona, jednakże ilość suchej masy w jelicie ślepym szczurów z grupy truskawkowej i malinowej była mniejsza, w porównaniu z dietą kontrolną, w której składnikiem frakcji błonnikowej była celuloza. Zastosowane zabiegi żywieniowe w zróżnicowany sposób wpłynęły na aktywność enzymatyczną mikroflory jelita ślepego szczurów. W porównaniu z grupą kontrolną odnotowano wyraźny wzrost aktywności α -glukozydazy w treści jelit ślepych z grupy truskawkowej i malinowej ($P=0,078$), natomiast nie stwierdzono różnic w aktywności β -glukozydazy. Aktywność α -galaktozydazy i β -glukuronidazy była istotnie zwiększona w grupie Strawberry ($P=0,001$), a aktywność β -galaktozydazy była zwiększona w grupie Strawberry oraz Raspberry, w porównaniu z grupą C. Zastosowanie śruty truskawkowej i malinowej, jako zamiennika celulozy i części skrobi kukurydzianej w diecie spowodowało wyraźny wzrost aktywności α -glukozydazy oraz statystycznie istotny wzrost aktywności β -galaktozydazy, a ponadto – tylko w przypadku śruty truskawkowej – istotny wzrost aktywności α -galaktozydazy i β -glukuronidazy. W efekcie w obu grupach doświadczalnych odnotowano istotny wzrost koncentracji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, w porównaniu z grupą kontrolną. Śruta z truskawki i malin nie zwiększyły koncentracji kwasów z rozgałęzionym łańcuchem (izomasłowy i izowalerianowy). Z takim wynikiem korespondował fakt, że zawartość nasion z owoców w diecie nie zwiększała koncentracji amoniaku w treści jelita ślepego. W grupie malinowej koncentracja amoniaku w treści jelita ślepego szczurów była nawet niższa, w porównaniu z grupą kontrolną. Wskazuje to, że błonnik zawarty w nasionach truskawki i malin był wyraźnie lepszym, niż celuloza, substratem w procesach fermentacyjnych w jelicie ślepym

szczurów. Za taką opinią przemawia również odnotowany wzrost produkcji kwasu propionowego, a przede wszystkim istotny wzrost udziału kwasu masłowego w sumie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, który jest źródłem energii dla nabłonka jelit. Zbliżona koncentracja kwasu izomasłowego i izowalerianowego w treści jelit szczurów wskazuje, że zawartość nasion truskawki i malin w diecie nie zwiększa bakteryjnej degradacji proteolitycznej, której produktem są kwasy o rozgałęzionym łańcuchu. W porównaniu z grupą C, wyższą koncentrację kwas octowego stwierdzono w treści jelita ślepego szczurów z grupy Raspberry ($P=0.001$), natomiast wyższą koncentrację kwasu propionowego i masłowego odnotowano w grupie Strawberry oraz Raspberry ($P=0.001$). Pod względem koncentracji całkowitej krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelita ślepego układ grup był następujący: Raspberry>Strawberry>C, $P=0.001$. W obu grupach żywionych dietą z zawartością nasion z owoców odnotowano obniżenie udziału kwasu octowego ($P=0.004$), a wzrostu udziału kwasu masłowego ($P=0.008$) w sumie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, w porównaniu z grupą C. Zawartość amoniaku w treści jelita ślepego była istotnie niższa w grupie Raspberry, w porównaniu z grupą Strawberry ($P=0.018$), a liczbowo wyższa, w porównaniu z grupą C. Stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanych zabiegów żywieniowych na poziom analizowanych wskaźników biochemicznych krwi. Zawartość nasion z owoców w diecie podwyższyła poziom glukozy w diecie, przy czym tylko różnica między grupą Raspberry i C była statystycznie istotna ($P=0.005$). W grupie Raspberry odnotowano ponadto niższą koncentrację triacylogliceroli oraz całkowitego cholesterolu ($P=0.001$ oraz $P=0.013$, odpowiednio), a także niższy współczynnik TG:HDL-C ($P=0.007$). Nasiona malinowe korzystnie wpływały na wskaźnik aterogenności (wskaźnik miażdżycowy), głównie poprzez zmniejszenie stężenia triacylogliceroli we krwi w porównaniu do diety kontrolnej z celulozą. Badania dowiodły, że takie odtłuszczone nasiona maliny i truskawki stanowią źródło błonnika pokarmowego oraz elagotanin o korzystnym działaniu biologicznym na organizmy zwierząt doświadczalnych. Nasiona maliny były substratem lepiej wykorzystywanym w procesach fermentacyjnych w jelicie ślepych szczurów, skutkujących zwiększoną produkcją krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych i większym udziałem kwasu masłowego, jak również obniżeniem wskaźnika aterogenności krwi, w porównaniu z dietą kontrolną z zawartością celulozy. Badania opisane w artykule H6 zostały wykonane w ramach projektu (Grant DEC-2012/05/B/NZ9/03402) „Badania biologicznych właściwości wybranych frakcji polifenoli

truskawki i możliwości wykorzystania tych związków w profilaktyce zaburzeń metabolicznych początkujących choroby chroniczne”, źródło finansowania: NCN, okres realizacji: 07.03.2013-2016, w którym byłam wykonawcą.

Osiągnięciem autorskim H6 było wykazanie, że odtłuszczona śruta z nasion pozyskanych z przemysłowych wytlóków truskawkowych i malinowych zawierająca około 70% całkowitego błonnika pokarmowego i około 2% polifenoli, zastosowana, jako 6% dodatek do diety szczurów jest lepszym substratem w procesach fermentacyjnych w porównaniu do modelowej mieszaniny celulozy i fruktooligosacharydów, czego dowodem jest zwiększenie produkcji sumy krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelit oraz znaczny wzrost udziału kwasu propionowego i masłowego w ich puli.

H7. Kosmala M., Jurgoński A., Juśkiewicz J., Karlińska E., Macierzyński J., Rój E., Zduńczyk Z. Chemical Composition of Blackberry Press Cake, Polyphenolic Extract, and Defatted Seeds, and Their Effects on Cecal Fermentation, Bacterial Metabolites, and Blood Lipid Profile in Rats *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65 (27), 5470–5479, DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01876.

Celem prezentowanych badań było wzbogacenie wiedzy o wpływie produktów ubocznych i wtórnych przetwórstwa jeżyn na poznanie lokalnego i systemowego oddziaływania fizjologicznego na funkcje przewodu pokarmowego oraz poziom glukozy i wybrane wskaźniki metabolizmu lipidów szczurów doświadczalnych. Cztery preparaty uzyskane z wytlóków jeżynowych, których otrzymywanie i charakterystykę składu chemicznego opisano w punkcie 5.1, podawano zwierzętom doświadczalnym przez 4 tygodnie. Dieta kontrolna zawierała celulozę. Preparaty błonnikowe (BF- błonnik jeżynowy natywny, EBF- błonnik jeżynowy pozbawiony polifenoli, DBS- błonnik z odtłuszczonych nasion jeżynowych) podawano w dawce 6%, preparat polifenoli jeżynowych w dawce 1%. Doświadczenia żywieniowe przeprowadzono na 40 szczurach Wistar, zgodnie z wnioskiem zaakceptowanym przez Lokalną Komisję Etyczną do Spraw Doświadczeń na Zwierzętach w Olsztynie. Doświadczenie, prowadzone na 5 grupach doświadczalnych po 8 szczurów (samców), trwało 4 tygodnie, od 4 do 8 tygodni życia zwierząt. Po 4 tygodniach prowadzenia doświadczenia wykonano ocenę biologiczną dotyczącą: 1) spożycie diet i wskaźniki wzrostu i rozwoju szczurów; 2) Wskaźniki przebiegu procesów fermentacyjnych w jelicie cienkim i ślepym w tym pH, aktywność enzymów

pochodzenia mikrobiologicznego (α - i β - galaktozydazy, α - i β - glukozydazy, β - glukuronidazy) oraz suma i skład krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych); 3) oznaczenie wskaźników biomedycznych krwi. Głównym składnikiem wszystkich badanych błonników jeżynowych była frakcja błonnika pokarmowego. W wyniku ekstrakcji polifenoli w preparacie BEF zawartość błonnika pokarmowego była w niewielkim stopniu podniesiona (z 60,3% dla BF do 65,5%), natomiast odtłuszczona śruta zawierała najwyższą ilość błonnika (72,7%). Wszystkie preparaty błonnikowe zawierały taką samą zawartość białka i popiołu, odpowiednio 11% i 2%. Preparaty BF i BEF zawierały zbliżoną zawartość tłuszczu (10,8 i 11,8%), preparat BDS miał silnie obniżoną zawartość tłuszczu. Głównym składnikiem polifenolowym wszystkich preparatów jeżynowych były elagotanniny. Obok elagotannin ważną grupę stanowiły proantocyjanidyny oraz antocyjany. Preparat BEF zawierał obniżoną zawartość polifenoli i był pozbawiony antocyjanów. Zastosowanie jeżynowych preparatów błonnikowych oraz polifenolowego w dietach nie wpłynęło na spożycie paszy i przyrost masy ciała szczurów, a także tkankę i treść jelita cienkiego i ślepego oraz tkankę okrężnicy. W porównaniu z grupą C, u szczurów z grupy BEF oraz BDS stwierdzono wyższą zawartość suchej masy treści jelita ślepego ($P=0,0011$), obniżenie pH treści jelita ślepego w przypadku grupy BF i BP ($P=0,020$), obniżenie amoniaku w przypadku grupy BP. Zastosowane zabiegi żywieniowe w zróżnicowany sposób wpłynęły na aktywność enzymatyczną mikroflory jelita ślepego szczurów. Żaden z preparatów nie miał wpływu na aktywności α -glukozydazy w treści jelit ślepych. Aktywność α -galaktozydazy, β -glukozydazy, β -galaktozydazy oraz β -glukuronidazy zwiększała w porównaniu do kontroli dieta z BEF (wszystkie $P=0,000$). Dieta z BF zwiększała aktywność α -galaktozydazy. Diety z BF i BP zmniejszały aktywność α -galaktozydazy i β -galaktozydazy. Natomiast grupa z dietą BDS nie różniła się od grupy kontrolnej. W porównaniu do grupy C preparat błonnikowy EBF zwiększał produkcję kwasu propionowego i masłowego w treści jelita ślepego i poprawiał profil lipidowy krwi. Literatura wskazuje, że kwas propionowy i masłowy są korzystne dla zdrowia, gdyż ten pierwszy wkraczając przez żyłę wrotną wpływa na lipogenezę, a drugi jest preferowanym źródłem energii dla komórek nabłonka jelit – kolonocytów. Działając ochronnie minimalizuje ryzyko rozwoju choroby nowotworowej. Polifenole korzystnie zmniejszały aktywność β -glukuronidazy w treści jelita ślepego, ale mogły również zwiększyć stężenie cholesterolu we krwi. Metabolizm bakteryjny jelita grubego spowodował powstanie metabolitów ellagitannin w postaci nasutinu A i urolityny A. Stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanych zabiegów

żywieniowych na poziom analizowanych wskaźników biochemicznych krwi. Preparat BEF w porównaniu do grupy kontrolnej powodował statystycznie istotne obniżenie poziomu triglicerydów ($P=0,000$), cholesterolu całkowitego ($P=0,000$), podwyższał udział HDL w całkowitym cholesterolu ($P=0,000$), obniżał cholesterol nonHDL ($P=0,000$) oraz zmniejszał wskaźnik aterogenności ($P=0,000$). Preparat BF nie wykazywał statystycznie istotnych różnic w porównaniu z C. Natomiast preparaty BP i BDS zwiększały poziom cholesterolu, w tym frakcji nonHDL, bez wpływu jednak na współczynnik aterogenności w porównaniu z dietą kontrolną. Żaden z preparatów nie wpływał na poziom glukozy we krwi.

Badania wykazały, że wytloki jeżynowe to cenne źródło błonnika pokarmowego i polifenoli, głównie elagotanin. Co więcej, mogą one być łatwo przetworzone w różne formy preparatów błonnikowych, błonnikowo-polifenolowych i polifenolowych. Eksperyment żywieniowy na zwierzętach doświadczalnych dowiódł, że błonnik pozbawiony polifenoli miał najlepsze prozdrowotne właściwości. To wskazuje, że to frakcja błonnikowa i produkty jej fermentacji w jelitach odpowiadają za korzystną odpowiedź fizjologiczną. Z kolei polifenole jeżynowe mimo, że korzystnie obniżyły aktywność bakteryjnej β -glukuronidazy, jednocześnie mogły wpłynąć na podwyższenie poziomu cholesterolu we krwi. Wykazano również, że bakteryjny metabolizm frakcji elagotaninowej w jelicie grubym jest bardzo ograniczony, jako że znaczna część elagotanin zostaje wydalona z kałem. Jednak nie można wykluczyć, że niewielkie stężenie wytwarzanych metabolitów ma znaczący wpływ na organizm, czy to miejscowo, w jelicie, czy całościowo na cały organizm.

W poprzednim doświadczeniu odtłuszczone nasiona maliny, zawierające 1,8% elagotanin podawane szczurom w takiej samej dawce 6% w diecie, wpływały na profil lipidowy krwi, zwłaszcza na zawartość triglicerydów, co korespondowało z obniżonym wskaźnikiem aterogenności krwi (H6). W preparacie malinowym, w przeciwieństwie do preparatów jeżynowych z tego doświadczenia, brak było antocyjanów. Wpływ diety z preparatem natywnym BF zawierającym zarówno antocyjany jak i olej jeżynowy nie różnił się od wpływu diety grupy kontrolnej. Natomiast preparaty polifenolowy BP oraz odtłuszczone nasiona BDS zawierające antocyjany i nie zawierające tłuszczu wykazywały negatywny wpływ na poziom cholesterolu krwi. Z kolei preparat BEF, zawierający tłuszcz a nie antocyjanów, wykazywał działanie korzystne na profil lipidowy, przy niekorzystnym zwiększaniu aktywności β -glukuronidazy w treści jelita ślepego. Za korzystne oddziaływanie preparatu BEF może

odpowiadać również obecność oleju jeżynowego.

Osiągnięciem autorskim H7 było także wykazanie, że natywne wytlaki jeżynowe mogą być łatwo przetworzone w różne formy preparatów błonnikowych, błonnikowo-polifenolowych i polifenolowych, przy czym eksperyment żywieniowy na zwierzętach doświadczalnych dowiódł, że wytlaki pozbawione polifenoli, za pomocą ekstrakcji rozpuszczalnikowej, a także odtłuszczona śruta z nasion mają korzystne i podobne właściwości prebiotyczne, a to wskazuje, że to frakcja błonnikowa i produkty jej fermentacji odpowiadają za korzystną odpowiedź fizjologiczną. **Osiągnięciem autorskim było wykazanie, że odtłuszczone nasiona jeżyny w przeciwieństwie do odtłuszczonych nasion maliny wykazują negatywny wpływ na poziom cholesterolu we krwi.**

6. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć naukowych

Prowadzone przeze mnie badania poszerzyły wiedzę dotyczącą ubocznych produktów przetwarzania śliwek oraz owoców jagodowych, a także wybranych produktów wtórnych uzyskanych z wycieków z przetwórstwa odpowiednio truskawek, malin i jeżyn, takich jak wyciągi wodne i alkoholowe oraz śruty poekstrakcyjne po odzysku olejów z nasion metodą ekstrakcji nadkrytycznej.

Wykazałam, że oczyszczone nasiona truskawek i malin pozyskane z wysuszonych przemysłowych wycieków charakteryzują się powtarzalnym składem chemicznym. Nasiona truskawkowe charakteryzują się wyższą zawartością tłuszczu (18,9%) białka (15,8%), popiołu (3,1%) i proantocyjanidyn (0,7%) w porównaniu do wycieków malinowych, które zawierają odpowiednio 14% tłuszczu, 11,7% białka, 1,7% popiołu oraz 0,5% proantocyjanidyn. Nasiona truskawkowe zawierają odpowiednio niższą zawartość elagotanin (1,0% vs. 3,2%) oraz węglowodanów (60,5%, vs. 68,8%), w porównaniu do nasion malinowych.

Pozytywnie zweryfikowałam koncepcję wykorzystania beznasiennej frakcji wycieków truskawkowych, bogatej w błonnik pokarmowy i polifenole, lecz zwykle zanieczyszczonej piaskiem, jako korzystnego dodatku do paszy przeznaczonej dla indyków ograniczający powstawanie potencjalnie szkodliwego amoniaku i gnilnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym.

Wykazałam, że całkowita zawartość błonnika pokarmowego wynosi od 1,8 do 2,5% świeżej masy śliwek trzech badanych odmian ('Najbolja', 'Dąbrowicka' oraz 'Promis') i wzrasta 5 –

krotnie w wyłokach (do 12–16% świeżej masy) i stanowi więcej niż 50% suchej masy w wyłokach. Wykazałam także, że korzystny udział błonnika rozpuszczalnego do całkowitego w śliwkach, w granicach 40–53%, jest zależny od odmiany oraz obniża się do 13–22% w wyłokach, uzyskanych po produkcji soków. **Stwierdziłam**, że kwas galakturonowy jest głównym składnikiem polisacharydów ścian komórkowych śliwek i wyłoków, a jego zawartość wynosi odpowiednio: 222–387 mg/g oraz 335–393 mg/g oraz, że kolejnymi pod względem zawartości składnikami są celuloza (108–126 mg/g dla owoców oraz 129–172 mg/g dla wyłoków), a następnie galaktoza i arabinoza, zaś ksyloza, mannoza, ramnoza stanowią niewielki udział. **Wykazałam**, że zdolności hydratacyjne błonnika z wyłoków śliwkowych były dwukrotnie niższe niż błonnika otrzymanego z owoców, jednakże nadal wystarczająco duże, aby móc wykorzystać otrzymany błonnik, jako składnik wzbogacający produkty spożywcze.

Wskazałam sposób wykorzystania wyłoków owocowych, odpowiednio aroniowych, z czarnej porzeczki, truskawkowych, do otrzymania wyciągów o znacznej zawartości frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego i polifenoli, które mogą być użyte do wzbogacenia nimi błonników zbożowych w celu otrzymania nowych produktów funkcjonalnych. Udowodniłam, że wyciąg truskawkowy, w porównaniu do pozostałych, wykazuje najkorzystniejsze oddziaływanie na funkcje fermentacyjne układu pokarmowego w badaniach modelowych na zwierzętach. Otrzymane preparaty są obiecującym komponentem do wytwarzania błonnikowych suplementów diety.

Po raz pierwszy wykazałam, że z przemysłowych wyłoków truskawkowych poddanych sukcesywnej ekstrakcji wodą i wodnym roztworem etanolu uzyskuje się wyciągi błonnikowo-polifenolowe zawierające w suchej substancji około 76% węglowodanów, w tym 22% rozpuszczalnego błonnika pokarmowego i 5,5% polifenoli, głównie elagotanin, które korzystnie wpływają na fermentacyjne funkcje jelita grubego przez zmianę aktywności enzymatycznej mikroflory, a w szczególności przez hamowanie aktywności β -glukuronidazy oraz wpływ na wzrost udziału korzystnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, w tym głównie kwasu masłowego.

Zbadałam skład polisacharydowy i polifenolowy śruty z odtłuszczonych nasion malin i truskawek wyodrębnionych z przemysłowych wyłoków po produkcji soku pochodzących z krajowych owoców przetworzonych w nowoczesnej linii technologicznej. **W szczególności wykazałam**, że śruta z nasion malin, w porównaniu do śruty z nasion truskawek zawiera więcej

całkowitego błonnika pokarmowego (73,8 vs 68,8%) i więcej sumy polifenoli (2,4 vs. 1,8%), lecz mniej proantocyjanidyn (0,37 vs. 0,64%) oraz zastosowana, jako 6% dodatek do diety szczurów jest lepszym substratem w procesach fermentacyjnych w porównaniu do modelowej mieszaniny celulozy i fruktooligosacharydów, czego dowodem jest zwiększenie produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelit oraz znaczny wzrost udziału kwasu propionowego i masłowego w ich puli.

Wykazałam, że wysuszone natywne wytloki jeżynowe oraz wtórne wytloki poekstrakcyjne z nich otrzymane po sukcesywnej ekstrakcji 70% roztworem etanolu i 70% roztworem acetonu charakteryzuje podobieństwo w zawartości składników odżywczych, a w szczególności białka, popiołu, tłuszczu i polisacharydów, w tym udziału błonnika pokarmowego i jego frakcji rozpuszczalnej oraz istotne zróżnicowanie w zakresie zawartości elagotanin i proantocyjanidyn, ponieważ wydajność ekstrakcji tych pierwszych wynosi 85% a tych drugich 36%. Wykazałam także, że wytloki jeżynowe pozbawione w około 80% polifenoli i zastosowane w diecie w równoważnej dawce jak odtłuszczona śruta z jeżyn najskuteczniej obniżały zawartość triacylogliceroli i zmniejszały stężenie całkowitego cholesterolu we krwi oraz zwiększały udział HDL-cholesterolu i dzięki temu najsilniej zmniejszały wskaźnik aterogenności oraz to, że wyciąg polifenolowy z jeżyn bogaty w elagotaniny i antocyjany zwiększał poziom cholesterolu, w tym frakcji nonHDL, bez wpływu jednak na współczynnik aterogenności w porównaniu z dietą kontrolną. Zatem błonnik pokarmowy występujący w błonnikowym preparacie jeżynowym, z którego usunięto polifenole w 80%, charakteryzuje się odpowiedzią fizjologiczną zgodną z definicją Codex Alimentarius, tj. obniża pH, obniża stężenie glukozy we krwi oraz obniża stężenie cholesterolu we krwi.

Najważniejsze wyniki badań biologicznych opublikowane w artykułach H6 i H7 potwierdzają zróżnicowany wpływ odtłuszczonej śruty z nasion trzech badanych owoców jagodowych użytych w diecie w dawce 6% z dodatkiem 3% fruktooligosacharydów na profil lipidowy i poziom glukozy krwi a mianowicie:

- 1) Zawartość odtłuszczonej śruty z nasion truskawek i malin w diecie podwyższyła poziom glukozy we krwi w porównaniu do diety kontrolnej zawierającej 5% celulozy i 3% fruktooligosacharydów jako rozpuszczalnej frakcji błonnika,
- 2) Zawartość odtłuszczonej śruty z nasion malin w diecie zmniejszała stężenie triacylogliceroli we krwi, zaś z truskawek i jeżyn nie miała wpływu na stężenie triacylogliceroli we krwi, w

stosunku do diety kontrolnej

3) Zawartość odłuszczonej śruty z nasion malin w diecie zmniejszała stężenie całkowitego cholesterolu, z truskawek nie miała wpływu, a z jeżyn zwiększała stężenie całkowitego cholesterolu we krwi, w stosunku do diety kontrolnej. W związku z tym tylko śruta malinowa korzystnie wpływała na wskaźnik aterogenności.

Z powyższych danych można wnosić, że odłuszczone nasiona jagodowe tej samej rodziny (*Rosaceae*) o zbliżonym składzie polisacharydowym i jednak zróżnicowanym składzie jakościowym i ilościowym polifenoli w podobny sposób wpływają na wytwarzanie i skład krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, zaś odpowiedź fizjologiczna dotycząca metabolizmu lipidów jest uzależniona od innych swoistych składników nasion. Można przypuszczać, że dotyczy to polifenoli, w tym, elagotanin, proantocyjanidyn i antocyjanów, występujących w określonych proporcjach. Jest to wyzwanie do prowadzenia następnych badań.

7. Literatura

1. Azofeifa, G.; Quesada, S.; Boudard, F.; Morena, M.; Cristol, J.-P.; Pérez, A. M.; Vaillant, F.; Michel, A. Antioxidant and antiinflammatory in vitro activities of phenolic compounds from tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichos*). *J. Agric. Food Chem.* 2013, 61, 5798–5804.
2. Azofeifa, G.; Quesada, S.; Navarro, L.; Hidalgo, O.; Portet, K.; Pércz, A. M.; Vaillant, F.; Pouchet, P.; Michel, A. Hypoglycaemic, hypolipidaemic and antioxidant effects of blackberry beverage consumption in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Funct. Food* 2016, 26, 330–337.
3. Bober I., Oszmiański J. Zastosowanie wyłoków aronii do naparów herbat owocowych. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 3(1) 2004, 63–72.
4. Chiva-Blanch, G.; Visioli, F. Polyphenols and health: moving beyond antioxidants. *J. Berry Res.* 2012, 2, 63–71.
5. Chong M.F., Macdonald R., Lovegrove J.A. (2010) Fruit polyphenols and CVD risk: a review of human intervention studies, *Br J Nutr.* 104 (Suppl 3), s28-s39.
6. Fastyn M., Markowski J., Mieszczakowska-Frac M., Płocharski W. Możliwości zwiększenia konsumpcji soków owocowych poprzez wprowadzenie nowych asortymentów - mętne soki śliwkowe. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2010, 54(04), 10-12.
7. Finné-Nielsen, I. L.; Elbol-Rasmussen, S.; Mortensen, A.; Ravn-Haren, G.; Ma, H. P.; Knuthsen, P.; Hansen, B. F.; McPhail, D.; Freese, R.; Breinholt, V.; Frandsen, H.; Dragsted, L. O. Anthocyanins increase low-density lipoprotein and plasma cholesterol and do not reduce atherosclerosis in Watanabe Heritable Hyperlipidemic rabbits. *Mol. Nutr. Food Res.* 2005, 49, 301–308.
8. Fronc A., Nawirska A. Możliwości wykorzystania odpadów z przetwórstwa owoców (1994). *Ochrona Środowiska*, 2 (53), 31-32.
9. Gajęcka M., Przybylska-Gornowicz B., Zakłós-Szyda M., Dąbrowski M., Michalczyk L., Koziolkiewicz M., Babuchowski A., Zielonka Ł., Lewczuk B., Gajęcki M.T. The influence of a natural triterpene preparation on the gastrointestinal tract of gilts with streptozotocin-induced diabetes and on cell metabolic activity. *Journal of Functional Foods* 33 (2017) 11–20
10. Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M (2012) The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28:9–19.
11. GUS (2015). Główny Urząd Statystyczny, Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa.
12. Hannum SM (2004) Potential impact of strawberries on human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 44:1–7
13. Heber D (2008) Multitargeted therapy of cancer by ellagitannins. *Cancer Lett* 269:262–268.
14. Jankowski J, Juśkiewicz J, Zduńczyk P., Kosmala M., Zieliński H., Antoszkiewicz Z., Zduńczyk Z. Antioxidant status of blood and liver of turkeys fed diets enriched with polyunsaturated fatty acids and fruit pomaces as a source of polyphenols. *Polish Journal of Veterinary Sciences* Vol. 19, No. 1 (2016), 89–98.
15. Juśkiewicz J., Jankowski J., Zduńczyk P., Kołodziejczyk K., Mikulski, D. Zduńczyk P. The chemical composition of selected dried fruit pomaces and their effects on the growth performance and post-slaughter parameters of young turkeys. *Journal*

of Animal and Feed Sciences, 24, 2015, 53–60.

16. Klimczak, E., Rozpara, E., Król, B. (2011). Distribution of ellagitannins in juice, flesh, and achenes as additional criterion for optimal utilization of strawberries. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 6, 142–154.
17. Kołodziejczyk K., Markowski J., Kosmala M., Król B., Plocharski W. (2007). Apple pomace as a potential source of nutraceutical products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 291–295.
18. Kosmala, M., Milala, J., Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Mieszczakowska, M., Christian Ginies, C., Renard C. M.G.C. (2009). Characterization of cell wall polysaccharides of cherry (*Prunus cerasus* var. Schattenmorelle) fruit and pomace. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 279–285.
19. Kowalska H., Czajkowska K., Cichowska J., Lenart A. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. *Trends in Food Science & Technology* 67 (2017) 150–159.
20. Larrosa, M.; García-Conesa, M. T.; Espín, J. C.; Tomás-Barberán, F. A. Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. *Mol. Aspects Med.* 2010, 31, 513–539. O'Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 1–10.
21. Licht, T. R.; Hansen, M.; Bergström, A.; Poulsen, M.; Krath, B. N.; Markowski, J.; Dragsted, L. O.; Wilcks, A. Effects of apples and specific apple components on cecal environment of conventional rats: role of apple pectin. *BMC Microbiol.* 2010, 10, 1–11.
22. Mackwitz H. Factory of Tomorrow: Fruit Stone Age. EMICO CONFERENCE 2006 Vienna, Proceedings, 73.
23. Masoodi F.A., Sharma B., Chauchan G.S., Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes. *Plant Foods Human Nutr.*, 2002, 57, 121–128.
24. Milala J., Grzelak-Błaszczak K., Sójka M., Kosmala M., Dobrzyńska-Inger A., Rój E. Changes of bioactive components in berry seed oils during supercritical CO₂ extraction. *J Food Process Preserv.* 2017;e13368. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13368>.
25. Milala, J., Kosmala, M., Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Zbrzeźniak, M., Markowski, J. Plum pomaces as a potential source of dietary fibre: composition and antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 2013, 50(5):1012–1017 DOI 10.1007/s13197-011-0601-z.
26. Mieszczak, A., Sikorski P., Zagibajło K., Klimczak, E., Kosmala, M., Król, B. 2013. Poziom pozostałości pestycydów w owocach oraz wyłokach powstałych jako produkt uboczny przetwórstwa truskawek na soki. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 10, 17–19.
27. Nakagawa, K.; Maruyama, Y.; Miyazawa, T. Anthocyanin administration elevates plasma homocysteine in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2002, 48, 530–535.
28. Oszmiański, J., Wojdyło, A., Matuszewski P. (2007). Zmiany zawartości związków fenolowych podczas produkcji zagęszczanego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1 (50), 94 – 104.
29. Rosello-Soto, E., Koubaa, M., Moubarik, A., Lopes, R. P., Saraiva, J. A., Boussetta, N., et al. (2015). Emerging opportunities for the effective valorization of wastes and by-products generated during olive oil production process: Nonconventional methods for the recovery of high-added value compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 296–310.
30. Rój E., Dobrzyńska-Inger A., Kostrzewa D., Kołodziejczyk K., Sójka M., Król B., Mieszczak A., Markowski J. 2009, The Preparation of Oil Extracts from the Berries Using CO₂ under Supercritical Conditions (in Polish: Otrzymywanie ekstraktów olejowych z nasion owoców jagodowych z wykorzystaniem CO₂ w warunkach nadkrytycznych”, *Przemysł Chemiczny*, vol. 12, pp. 1325 – 1330.
31. Rynek Owoców i Warzyw (czerwiec 2016), Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej wg danych Agencji Rynku Rolnego i Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju.
32. Saura-Calixto, F. (2011). Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 43–49.
33. Schieber A., Hilt P., Streker P., Endreß H.-U., Rentschler C. Carle R.. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4 (2003) 99–107.
34. Schieber, A.; Stintzing, F. C.; Carle, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends Food Sci. Technol.* 2001, 12, 401–413.
35. Sójka M., Kołodziejczyk M., Milala J., Abadias M., Viñas I., Guyot S., Baron A. Composition and properties of the polyphenolic extracts obtained from industrial plum pomaces. *Journal of Functional Foods* 12 (2015) 168–178 b.
36. Sójka M., Mieszczak A., Sikorski P., Zagibajło K., Karlińska E., Kosmala M. Pesticide residue levels in strawberry processing by-products that are rich in ellagitannins and an assessment of their dietary risk to consumers. *NFS Journal* 1 (2015) 31–37, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nfs.2015.09.001>.
37. Sójka, M., Klimczak, E., Macierzyński, J., Kołodziejczyk, K. 2013. Nutrient and polyphenolic composition of industrial strawberry press cake. *Eur. Food Res. Technol.*, 237, 995–1007.
38. Wang X., Chen Q., Lü X.. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Food Hydrocolloids* 38 (2014) 129–137.

8. Omówienie pozostałych osiągnięć badawczych

8.1. Skład i właściwości preparatów błonnikowych otrzymanych z wybranych wyłoków owocowych (badania w ramach rozprawy doktorskiej).

W pracy doktorskiej podjęłam badania zmierzające do rozszerzenia wiedzy o składzie i właściwościach preparatów błonnikowych głównie jabłkowych. Badania zostały wykonane w ramach projektu badawczego promotorskiego „Skład i właściwości preparatów błonnikowych otrzymanych z wybranych wyłoków owocowych” realizowanego w latach 2008-2009. Promotorem mojej rozprawy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Bogusław Król. Projekt, w którym byłam głównym wykonawcą, finansowany był przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Dodatkowo badania mogłam prowadzić dzięki temu, iż w tym okresie byłam Beneficjentką projektu współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego i Budżetu Państwa w ramach Działania 2.6 Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, w związku z realizacją Projektu „Stypendia wspierające innowacyjne badania naukowe doktorantów”.

Publikacje przed obroną doktoratu:

1. Kosmala M., Kołodziejczyk, K. (2006). Procyjanidyny najpopularniejszych w Polsce deserowych odmian jabłek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (47) Supplement, 124-134.
2. Kołodziejczyk K., Markowski J., Kosmala M., Król B., Płocharski W. (2007). Apple pomace as a potential source of nutraceutical products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 291-295.
3. Kosmala, M., Milala, J., Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Mieszczakowska, M., Christian Ginies, C., Renard C. M.G.C. (2009). Characterization of cell wall polysaccharides of cherry (*Prunus cerasus* var. 'Schattenmorelle') fruit and pomace. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 279–285.
4. Kołodziejczyk, K., Kosmala, M., Milala, J., Sójka, M., Uczciwek, M., Król, B., Markowski, J., Renard, C.M.G.C. (2009). Characterisation of composition of scab-resistant apple pomaces. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology ISAFRUIT Special Issue*, 89-95.

Z tematem doktoratu łączę jeszcze dwie publikacje, opisujące skład i właściwości wyłoków

jabłkowych:

1. Kosmala, M., Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Mieszczakowska, M., Ginies, C., Renard C.M.G.C. (2010). Co-products of black-currant and apple juice production: hydration properties and polysaccharide composition. *LWT- Food Science and Technology*, 43, 173-180.
2. Kosmala, M., Kołodziejczyk, K., Zduńczyk, Z., Juśkiewicz, J., Boros, D. (2011). Chemical composition of natural and polyphenol-free apple pomace and the effect of this dietary ingredient on intestinal fermentation and serum lipid parameters in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (17), 9177-9185.

Prezentacje na konferencjach naukowych dotyczące tematu doktoratu:

Komunikaty ustne:

1. Na Krajowym Seminarium Badanie w zakresie przetwórstwa owoców i warzyw w Zielonce k. Poznania w dniach 22-23.04.2008 r. komunikat „Skład i właściwości preparatów błonnikowych otrzymanych z wybranych wyłoków owocowych”.

Postery:

1. Kosmala M., Kołodziejczyk K. „Determination of polyphenols in dietary fibre preparations of various origins” na konferencji The Structure and Operation of Systems on Integrated Quality Control and Food Safety in the Visegrad Countries, 3-4-5 październik 2005 r., Szentes, Węgry.
2. Kosmala M., Kołodziejczyk K. „Procyjanidyny najpopularniejszych w Polsce deserowych odmian jabłek” na konferencji XI Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, 24-25 maja 2006 r., Warszawa.
3. Król B., Kołodziejczyk K., Kosmala M., Markowski J., Płocharski W., Nowak D., Król M. „Charakterystyka bogatych we flawonoidy ekstraktów z wyłoków jabłkowych” na konferencji Naturalne Przeciwwutleniacze: Od Surowca do Organizmu, 29-30.01.2007, Poznań.

8.2. Zastosowanie podejścia interdyscyplinarnego w podnoszeniu jakości i bezpieczeństwa żywnościowego i środowiskowego preparatów błonnikowych w kontekście zwiększenia ich spożycia

W czasie realizacji pracy doktorskiej prowadziłam badania nad składem polifenolowym oraz zawartością błonnika pokarmowego w owocach i wyłokach jabłek, czarnej

porzeczek i wiśni w ramach Projektu Ramowego UE - ISAFRUIT 'Increasing fruit consumption through a transdisciplinary approach leading to high quality produce from environmentally safe, sustainable methods' (okres realizacji styczeń 2006 - czerwiec 2010). W ramach tego projektu jeszcze w czasie trwania doktoratu odbyłam trzy dwumiesięczne staże (łącznie pół roku) w Institut National de la Recherche Agronomique, Avignon, Francja w zespole dr Catherine Renard, gdzie zajmowałam się polisacharydami ścian komórkowych owoców kolorowych.

Wynikiem tych staży są publikacje:

1. Kosmala, M., Milala, J., Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Mieszczakowska, M., Christian Ginies, C., Renard C. M.G.C. (2009). Characterization of cell wall polysaccharides of cherry (*Prunus cerasus* var. Schattenmorelle) fruit and pomace. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 279–285.
2. Kosmala, M., Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Mieszczakowska, M., Ginies, C., Renard C.M.G.C. (2010). Co-products of black-currant and apple juice production: hydration properties and polysaccharide composition. *LWT- Food Science and Technology*, 43, 173-180.

Komunikaty ustne:

1. Na konferencji projektu ISAFRUIT w dniach 18-19.10.2007 r. w Avignon we Francji prezentacja pt.: "Composition and properties of dietary fibre preparations obtained from selected fruit pomaces".
2. Na konferencji XIII Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności w Łodzi w dniach 28-29 maja 2008 r. komunikat pt. "Polifenole oraz błonnik owoców i wyłoków wybranych odmian wiśni".
3. Na konferencji projektu ISAFRUIT w dniach 8-12.10.2008 r. w Dublinie w Irlandii prezentacja pt. "Characterisation of chemical composition of raw materials (apples, blackcurrant and sour cherries)".

Postery:

1. Kosmala M., Król B., Ginies C., Varoquaux F., Renard, C.M.G.C. „Polysaccharides of coproducts of black currant juice production” na konferencji Second ISAFRUIT General Assembly, 20-22 czerwca 2007 r., Bolonia, Włochy.
2. Kosmala M., Sójka M., Milala J., Kołodziejczyk K., Król B., Markowski J., Plocharski W. „Characterisation of composition of pomace obtained from scab-resistant apples cultivars” na konferencji Second ISAFRUIT General Assembly, 20-22 czerwca 2007 r., Bolonia, Włochy.

3. Kosmala M., Sójka M., Kołodziejczyk K., Milala J., Król B. „Red fruit pomaces as a source of dietary fibre” 3rd ISAFRUIT General Assembly, 25-27 listopada 2008 r., Girona, Hiszpania.
4. Kołodziejczyk K., Milala J., Sójka M., Kosmala M. „Characterization of polyphenol rich extracts from red fruit pomaces” 3rd ISAFRUIT General Assembly, 25-27 listopada 2008 r., Girona, Hiszpania.
5. Milala J., Sójka M., Kosmala M., Kołodziejczyk K., Markowski J. “PPO activity and polyphenols contents in selected apple cultivars from 2007 and 2008 harvest seasons” na konferencji Opportunities for increased processed fruit consumption through innovative processing and quality management, 28-29 maja 2009 r., Skierniewice.
6. Milala J., Sójka M., Kosmala M., Kołodziejczyk K., Markowski J. „Plum pomaces as a source of phytochemicals and dietary fibre” na konferencji 4th ISAFRUIT General Assembly, 27-29 października 2009 r., Angers, Francja
7. Kosmala M., Milala J. „Physicochemical properties and antioxidant activity of plum fibre” IHC 28th International Horticultural Congress. Science and Horticulture for People. 22-27 sierpnia 2010 r., Lizbona, Portugalia
8. Milala J., Sójka M., Kosmala M., Kołodziejczyk K. Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza „Nauka Praktyce” Skierniewice, 29 – 30 września 2010 r. „Aktywność przeciwutleniająca i skład polifenolowy wyłoków śliwkowych”

8.3. Wpływ działania poligalakturonazy na rehydratację konwekcyjnie lub sublimacyjnie wysuszonej tkanki jabłkowej.

W okresie 5-miesięcy pracy (od 4.11.2009 do 31.03.2010) w zespole dr Doroty Konopackiej w Zakładzie Przechowywania w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka w Skierniewicach zajmowałam się badaniem wpływu poligalakturonazy na fizyko-chemiczne oraz sensoryczne właściwości suszonych kostek jabłkowych. Wyniki tych badań zaprezentowałam w postaci plakatu naukowego:

1. **Kosmala, M., Konopacka D., Dyki B., Kuczyński A.P.** The influence of polygalacturonase action on rehydration ratio of convectively and freeze-dried apple tissue. COST 928 Meeting in Naples, 2-4.3.2010, Neapol, Włochy.

8.4. Jakość smoothies na bazie jabłek

Wraz z zespołem dr hab. Jarosława Markowskiego z Instytutu Ogrodnictwa brałam udział w opracowywaniu technologii otrzymywania nowych produktów na bazie jabłek. Mój udział polegał na analizie zawartości podstawowych składników odżywczych, w tym głównie błonnika pokarmowego. Współpraca w tym zakresie zaowocowała publikacją:

1. Markowski J., Celejewska K., Rosłonek A., **Kosmala M.** Impact of different thermal preservation technologies on the quality of apple-based smoothies. LWT - Food Science and Technology 85 (2017) 470-473.

8.5. Pozostałości po obieraniu cebuli, jako źródło koncentratów polifenolowych

Brałam udział w pracach badawczych związanych z oceną przydatności pozostałości po przemysłowym obieraniu cebuli do otrzymywania wyciągów polifenolowych wraz z analizą ich oddziaływania na procesy fermentacyjne i biochemię krwi w badaniach modelowych na zwierzętach w latach 2013-2016 w projekcie „Modernizacja i rozwój infrastruktury B+R w obszarze żywności prozdrowotnej, tradycyjnej”, nr POIG.02.01.00-10-171/09: 2013-2015, w którym byłam wykonawcą.

8.6. Otrzymywanie wyciągów polifenolowych wraz z określeniem ich składu chemicznego z materiałów pochodzących z odpadów roślinnych powstałych przy produkcji żywności oraz produktów rolnych zawierających związki polifenolowe i oligosacharydy

Byłam kierownikiem prac badawczych związanych z otrzymaniem oraz określeniem składu chemicznego wyciągów z materiałów pochodzących z odpadów roślinnych powstałych przy produkcji żywności oraz produktów rolnych zawierających związki polifenolowe i oligosacharydy w ramach realizacji projektu pt. „Nowoczesne preparaty agrochemiczne oparte o biodegradowalne ligandy i inne naturalne związki stymulujące odporność, umożliwiające biofortyfikację roślin do zastosowania w Integrowanej Produkcji Roślinnej” w ramach działania 1.1. „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałanie 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój

2014-2020. Numer umowy o dofinansowanie POIR.01.01.01-00-0024/15 w ramach współpracy z firmą INTERMAG Sp. z o.o. Al. 1000-lecia 15G, 32-300 Olkusz.

8.7. Wpływ elagotanin na metabolizm i biochemię krwi zwierząt

Brałam udział w badaniach nad otrzymywaniem i szczegółową analizą składu preparatów elagotaninowych, a także oznaczaniem metabolitów elagotanin pojawiających się w treściach poszczególnych odcinków układu pokarmowego szczurów oraz w płynach ustrojowych tj. osoczu i moczu. Prowadzone badania dowiodły, że metabolizm polifenoli owoców jagodowych, na przykładzie polifenoli truskawki, różni się w zależności od ich budowy, w tym głównie stopnia polimeryzacji. Przy czym wiadomo, że elagotaniny, jako takie, nie dostają się do krwioobiegu, lecz są hydrolizowane przez mikroflorę jelit do metabolitów, urolityn i nasutinów (González-Barrio et al., 2011, Piwowarski et al., 2016, Jurgoński et al., 2017). Badania prowadziłam w ramach dwóch projektów badawczych. Od 30 września 2010 do 29.09.2013 byłam wykonawcą w projekcie badawczym własnym Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Odzyskiwanie elagotanin z wybranych ubocznych produktów przetwórstwa owoców z rodziny różowatych (*Rosaceae*) wraz z oceną ich właściwości i bezpieczeństwa zdrowotnego” N N312 360 139. Od 7 marca 2013 do 2016 roku byłam wykonawcą projektu ‘Badania biologicznych właściwości wybranych frakcji polifenoli truskawki i możliwości wykorzystania tych związków w profilaktyce zaburzeń metabolicznych początkujących choroby chroniczne’ ze źródłem finansowania: NCN. Projekty te były realizowane w ramach współpracy **naszego zespołu, którego kierownikiem był obecnie emerytowany prof. Bogusław Król a obecnie jest dr hab. Robert Klewicki** z zespołem prof. Zenona Zduńczyka oraz prof. Jerzego Juśkiewicza z Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie i zaowocowały wieloma publikacjami i pomysłami na wspólne badania, które wciąż trwają.

1. Do tej pory opublikowano z moim udziałem:
2. Juśkiewicz J., Król B., Kosmala M., Milala J., Zduńczyk Z., Żary-Sikorska E. Physiological Properties of ellagitannin-rich preparations obtained from strawberry pomace using different extraction methods. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences 2015, 65 (3), 199–209 .
3. 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.doi:10.1371/journal.pone.0149081.

4. Juśkiewicz J, Jurgoński A, Kołodziejczyk K, Kosmala M, Milala J, Zduńczyk Z, Fotschki B, Żary-Sikorska E. Blood Glucose Lowering Efficacy of Strawberry Extracts Rich in Ellagitannins with Different Degree of Polymerization in Rats. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2016, Vol. 66, No. 2, pp. 0–0 DOI: 10.1515/pjfn-2016-0001.

5. 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. Eur J Nutr 56: 853. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-1133-5>.

6. Milala J., Kosmala M., Karlińska E., Juśkiewicz J., Zduńczyk Z., Fotschki B. Ellagitannins from strawberries with different degrees of polymerization showed different metabolism through gastrointestinal tract of rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2017, 65, 10738–10748.

8.8. Aktualnie realizowane kierunki badawcze

Obecnie prowadzę badania dotyczące następujących problemów:

1. Skład polisacharydowy pozostałości otrzymanych z wyciągów po produkcji wina.
2. Ocena właściwości prozdrowotnych mono- i diglikozydów wybranych flawonoidów pozyskanych z biomasy roślinnej.
3. Skład i właściwości wybranych roślin przyprawowych i leczniczych z rodziny różowatych.

9. Podsumowanie pracy badawczej

W swoich badaniach udowodniłam, że istnieje potrzeba wykorzystania znacznej biomasy wyciągów owocowych, która powstaje w naszym kraju. Co więcej, biomasa owa może być źródłem wartościowych suplementów diety lub może być częścią paszy dla zwierząt. Znaczną uwagę poświęciłam produktom otrzymywanym z owoców jagodowych, które w dużej mierze stanowią specyfikę naszego regionu, a zwłaszcza naszego kraju, czyli z truskawek, malin i jeżyn. Dzięki odpowiedniej selekcji możliwe jest wydzielenie nasion i frakcji beznasiennej. Nasiona mogą służyć do otrzymywania bioolejów, zaś, co udowodniłam, powstająca śruta może znaleźć

zastosowanie jako suplement błonnika pokarmowego. Z kolei z frakcji beznasiennej można otrzymać w sposób nieskomplikowany wyciągi błonnikowo-polifenolowe i polifenolowe, które również mogą być suplementami diety lub być elementem nowych suplementów diety, jak zaproponowane przeze mnie preparaty na bazie błonnika zbożowego i wyciągów owocowych. Innym niż dotychczas stosowane jest także badany przeze mnie błonnik otrzymywany z wyłóków śliwkowych, który charakteryzuje się szczególnie dobrą proporcją ważnej dla prawidłowego funkcjonowania jelit frakcją błonnika rozpuszczalnego, głównie w postaci pektyn. Naturalnie występujące połączenia błonnika pokarmowego z polifenolami występujące w preparatach błonnikowych otrzymywanych z wyłóków owocowych są nośnikiem tych substancji aktywnych i pozwalają na ich naturalne, stopniowe uwalnianie w przewodzie pokarmowym i prozdrowotne oddziaływanie na bytującą tam mikroflorę a przez nią na organizm gospodarza. Szczególną uwagę należy poświęcić jednakże dawce, a także grupom polifenoli, które występują w niektórych owocach, takich jak badane przeze mnie jeżyny, gdyż możliwe jest działanie niepożądane w postaci pogorszonego profilu lipidowego. Wymaga to dalszych wnikliwych badań.

Swoje badania wraz z współautorami opisałam w 26 publikacjach. W 10 publikacjach jestem pierwszym autorem. Brałam udział w 8 projektach badawczych. Odbylam trzy dwumiesięczne staże naukowe w Institut National de la Recherche Agronomique, Avignon, Francja. Po obronie doktoratu pracowałam także przez 5 miesięcy w Zakładzie Przechowywania w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka w Skierniewicach.

- sumaryczny Impact Factor moich prac wg danych z JRC z roku opublikowania pracy – 47,089, w tym po doktoracie - 44,234.
- liczba cytowań na podstawie Scopus (19 moich publikacji w bazie) - 116 (z pominięciem autocytowań – 84)
- liczba cytowań na podstawie Web of Science (16 moich publikacji w bazie) - 110 (z pominięciem autocytowań – 81) - Index Hirscha wg Web of Science i Scopus, odpowiednio, 7 i 6
- suma punktów wg listy MNiSW – 657, w tym po doktoracie 593

Nr	Rok	Czasopismo	Punkty MNiSzW z roku wydania	IF
1	2006	Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	4	0
2	2007	Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	6	0
3	2009	Plant Foods for Human Nutrition	27	2,016
4	2009	Journal of Horticultural Science & Biotechnology	27	0,839
SUMA przed doktoratem			64	2,855
5	2010	LWT- Food Science and Technology	32	2,292
6	2010	Journal of Fruit and Ornamental Plant Research	6	0
7	2011	Journal of Agricultural and Food Chemistry	45	2,823
8	2013	Journal of Food Science and Technology_Mysore	15	2,024
9 H3	2013	Food Research International	40	3,050
10	2013	Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny	5	
11H5	2014	European Journal of Nutrition	35	3,467
12H4	2014	Food Research International	40	2,818
13	2015	Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	15	0,679
14H6	2015	Journal of Agricultural and Food Chemistry	45	2,857
15 H1	2015	Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny	5	0
16	2015	NFS Journal	0	0
17H2	2016	Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition	30	1,212
18	2016	Plos One	40	2,806
19	2016	Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	15	1,276
20	2016	Polish Journal of Veterinary Sciences	20	0,697
21	2017	European Journal of Nutrition	30	3,239*
22	2017	LWT- Food Science and Technology	35	2,929*
23	2017	Plos One	40	3,394*
24H7	2017	Journal of Agricultural and Food Chemistry	40	3,504*
25	2017	Journal of Food Processing and Preservation	20	0,933*
26	2017	Journal of Agricultural and Food Chemistry	40	3,504*
SUMA po Doktoracie			593	44,234
SUMA przed i po doktoracie			657	47,089

* IF 5 letni, IF z Incities Journal Citation Reports z roku wydania publikacji

10. Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną

10.1. Działalność dydaktyczna

Od 2005 roku (od rozpoczęcia studiów III stopnia) do chwili obecnej prowadzę zajęcia na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, głównie na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, ale także dla kierunku Biotechnologia oraz kierunku Ochrona Środowiska (Biotechnologia Środowiska): „Analiza żywności”, „Technologia i analiza żywności”, „Ocena jakości produktów spożywczych”, „Laboratorium specjalizacyjne” dla studiów I stopnia i II

stopnia. Brałam udział w opracowaniu programów wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych. Prowadzę zajęcia na wszystkich poziomach studiów. Współprowadzę wykład „Techniki analityczne” dla studiów I stopnia. Prowadzę zajęcia laboratoryjne z doktorantami „Postępy w nauce o żywności”. Prowadzę zajęcia laboratoryjne dla Collegium Towaroznawstwa „Towaroznawstwo artykułów spożywczych”. Prowadzę wykład w języku angielskim dla studiów magisterskich „Health-promoting and physiological properties of phytocomponents of food”. Recenzuję prace magisterskie i inżynierskie. Byłam opiekunem 28 prac dyplomowych w tym: 9 prac magisterskich i 19 prac inżynierskich.

10.2. Działalność organizacyjna

W roku 2013 pełniłam obowiązki Pełnomocnika Dziekana do spraw kontaktu ze szkołami średnimi organizując na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności zajęcia laboratoryjne dla młodzieży. Obecnie chętnie biorę udział w organizacji zajęć dla młodzieży ze szkół średnich. Od roku akademickiego 2014/2015 jestem opiekunem kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka (studia stacjonarne I stopnia).

10.3. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów

Od 2005 r. jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności Oddziału Łódzkiego. Od kwietnia 2016 r. jestem także członkiem rady naukowej Journal of Food Nutrition and Dietetics (Elyns Publishing Group).

10.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

W latach 2012, 2014, 2016 i 2017 otrzymałam Nagrodę Rektora Politechniki Łódzkiej za osiągnięcia naukowo-badawcze.

10.5. Współpraca z zagranicą, recenzje publikacji

Od 2006 r. współpracuję z zespołem dr Catherine Renard z Institut National de la Recherche Agronomique, Avignon, Francja. Współpraca związana była z projektem ISAFRUIT “Food Quality and Safety” 6 Programu Ramowego Unii Europejskiej (Contract no. FP6-FOOD-CT-2006-016279) i zaowocowała trzema moimi dwumiesięcznymi stażami we Francji w 2007, 2008

i 2009 r. Dowodem na tę efektywną współpracę są cztery wspólne publikacje z dr Catherine Renard.

Wykonuję recenzje artykułów naukowych. Do tej pory zrecenzowałam 13 manuskryptów dla:

1. Food Bioscience –jeden manuskrypt
2. Food Research International- 2 manuskrypty
3. Food Science and Nutrition- jeden manuskrypt
4. Innovative Food Science and Emerging Technologies- jeden manuskrypt
5. International Journal of Food Sciences & Nutrition - jeden manuskrypt
6. Journal of Agricultural and Food Chemistry - jeden manuskrypt
7. Journal of Chromatography A - jeden manuskrypt
8. Journal of Food Science and Nutrition Therapy - jeden manuskrypt
9. Journal of Food Science and Technology - jeden manuskrypt
10. Journal Scientia Agricola - jeden manuskrypt
11. Molecules - 2 manuskrypty.

10.6. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki

Byłam członkiem kolegium naukowego Wielkiej Encyklopedii Medycznej 2011, Biblioteka Gazety Wyborczej, Wydawnictwo Agora 2011

10.7. Organizacja konferencji

1. Uczestniczyłam w Komitecie organizacyjnym konferencji „Żywność XXI wieku - szanse i zagrożenia” organizowanej w ramach XII Sesji Naukowej przez Sekcję Młodej Kadry Naukowej PTTŻ (Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności) w dniach 28-29 maja 2008 roku w Łodzi.
2. Byłam członkiem w Komitecie organizacyjnym Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Żywność od A do Z”, czyli XXI Konferencji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ w dniach 12-13 maja 2016 roku w Łodzi.

10.8. Współpraca z przemysłem

1. "ALPEX" Sp. z o.o. Łęczeszycy, 05-622 Belsk Duży- współpraca od początku trwania projektu Projektu Ramowego UE - ISAFRUIT 'Increasing fruit consumption through a

transdisciplinary approach leading to high quality produce from environmentally safe, sustainable methods' (okres realizacji styczeń 2006 - czerwiec 2010). Jest to nowoczesny zakład przetwórstwa owoców na soki i bardzo wiele materiałów, takich jak wytloki owocowe, używanych przeze mnie do badań pochodzi z tej właśnie firmy i otrzymałam je nieodpłatnie. Wykonuję dla firmy Alpex zlecenia na oznaczanie właściwości fizyko-chemicznych preparatów błonnika pokarmowego w tym granulacji, pęcznienia, chłonności wody i oleju.

2. INTERMAG Sp. z o.o. Al. 1000-lecia 15G, 32-300 Olkusz. Współpraca z firmą w ramach realizacji projektu pt. „Nowoczesne preparaty agrochemiczne oparte o biodegradowalne ligandy i inne naturalne związki stymulujące odporność, umożliwiające biofortyfikację roślin do zastosowania w Integrowanej Produkcji Roślinnej” w ramach działania 1.1. „projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałanie 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Numer umowy o dofinansowanie POIR.01.01.01-00-0024/15. Od 25 lipca 2016 do 31.05.2017 r. Byłam kierownikiem prac badawczych nad otrzymaniem ekstraktów oraz określeniem ich składu chemicznego materiałów pochodzących z odpadów roślinnych powstałych przy produkcji żywności oraz produktów rolnych zawierających związki polifenolowe i oligosacharydy.

3. 26 i 28.06 oraz 12.07.2017 prowadziłam 3 dniowe szkolenie w Laboratorium Badania Jakości Produktów Ogrodniczych Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach z metodyki oznaczania błonnika pokarmowego metodą AOAC z podziałem na frakcję rozpuszczalną i nierozpuszczalną.

10.9 Szkolenia

1. "Zastosowanie statystyki i STATISTICA w opracowywaniu wyników badań przyrodniczych" – Łódź, 25-26 kwietnia 2013.

2. „Użytkowanie i konserwacja spektrometru masowego z analizatorem FT-MS typu Q-Exactive (Łódź, 20-22 stycznia 2014, firma Thermo Scientific).

3. IX spotkania z cyklu “Okragły Stół Żywnościowy” - jakość i zmiana jako klucz do sukcesu firmy z sektora spożywczego, Warszawa, 29 października 2014.

4. EBSCO Databases and services Training. Wyszukiwanie w bazach EBSCO 14.03.2016. Szkolenie prowadzone przez panią Urszulę Nowicką EBSCO Information Services Implementation Specialist for Poland, Lithuania, Latvia, Ukraine.

5. „Patent na wynalazek - co powinien zawierać opis wynalazku” organizator: Sekcja Transferu Technologii PŁ 21.11.2017 r.
6. ‘Communicating Science’ prowadzone przez pana Olle Bergmana ze Szwecji (23.11.17 organizator: Sekcja Transferu Technologii PŁ).

Monika Kosmala