

Załącznik 2.

Autoreferat dotyczący działalności naukowo-badawczej

Dr inż. Małgorzata Tańska

Olsztyn, 2017

Spis treści

1. Dane personalne.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe.....	3
3. Przebieg pracy zawodowej.....	3
4. Działalność naukowo-badawcza.....	4
4.1. Wskazanie osiągnięcia wynikającego 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.).....	4
4.1.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.1.2. Zestawienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.....	4
4.1.3. Omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.....	7
4.2. Omówienie pozostałego dorobku naukowo-badawczego.....	22
4.2.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych.....	22
4.2.2. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych.....	24
5. Wartość naukowa dorobku naukowo-badawczego.....	36

1. Dane personalne

Imię i nazwisko:

Małgorzata Tańska

Miejsce pracy:

Katedra Przetwórstwa i Chemii surowców Roślinnych

Wydział Nauki o Żywności

Uniwersytet Warmińsko-Mazurki w Olsztynie

Pl. Cieszyński 1, 10-719 Olsztyn

Tel. 89 523 41 13

E-mail: m.tanska@uwm.edu.pl

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- magister inżynier technologii żywności i żywienia człowieka, specjalność: technologia produktów roślinnych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności, 22.06.2001 r.
 - tytuł pracy magisterskiej: *„Wpływ wybranych kombinacji środków ochrony roślin na wartość technologiczną nasion rzepaku jarego oraz na jakość i trwałość oleju”*,
 - promotor: prof. dr hab. inż. Daniela Rotkiewicz,
- doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia, specjalność: technologia zbóż i nasion oleistych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności, 29.03.2006 r.
 - tytuł rozprawy doktorskiej: *„Wymiary nasion rzepaku jako czynnik kształtujący jakość surowca do produkcji oleju”*,
 - promotor: prof. dr hab. inż. Daniela Rotkiewicz.

3. Przebieg pracy zawodowej

- 1.10.2005 – 14.06.2008
technik w Katedrze Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
- 15.06.2008 – do chwili obecnej
adiunkt w Katedrze Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

4. Działalność naukowo-badawcza

4.1. Wskazanie osiągnięcia, o którym mowa w art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

4.1.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, jest cykl spójnych tematycznie publikacji naukowych ujętych pod wspólnym tytułem:

„SYNTEZA BADAŃ DOTYCZĄCYCH CZYNNIKÓW DETERMINUJĄCYCH JAKOŚĆ I STABILNOŚĆ OLEJÓW RZEPAKOWYCH”

4.1.2. Zestawienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

P1. Tańska M., Konopka I., Rotkiewicz D., 2008. Relationships of rapeseed strength properties to seed size, colour and coat fibre composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(12): 2186-2193.

IF = 1,333; MNiSW₂₀₁₆ = 35 pkt.; liczba cytowań = 7

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zebraniu literatury, doborze metod analitycznych, wykonaniu analiz, analizie i opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

P2. Tańska M., Rotkiewicz D., Ambrosewicz M., 2009. Technological value of selected Polish varieties of rapeseed. *Polish Journal of Natural Sciences*, 24(2): 122-132.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 14 pkt.; liczba cytowań = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zebraniu literatury, doborze metod analitycznych, wykonaniu części analiz, opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

P3. Tańska M., Rotkiewicz D., Ambrosewicz M. 2011. Porównanie trwałości tłoczonych na zimno olejów lnianego i rzepakowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 44(3): 521-527.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 6 pkt.; liczba cytowań = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań, zebraniu literatury, zaplanowaniu doświadczenia, doborze metod analitycznych, wykonaniu analiz, analizie i opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- P4.** Ambrosewicz M., **Tańska M.**, Rotkiewicz D., 2011. Fatty acid composition as a coefficient of ways of usage oils from seeds of different varieties of rapeseed. Polish Journal of Natural Sciences, 26(1): 74-83.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 14 pkt.; liczba cytowań = 2

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, doborze metod analitycznych, wykonaniu analiz, analizie i opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 45%.

- P5.** Faron A., **Tańska M.**, 2013. Changes of fat quality in rapeseed stored under increased moisture conditions. Polish Journal of Natural Sciences, 28 (4): 485-499.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 14 pkt.; liczba cytowań = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, doborze metod analitycznych, analizie i opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

- P6.** **Tańska M.**, Konopka I., Smyk B., Konopka S., 2013. Zastosowanie fluorescencyjnej spektroskopii synchronicznej do oceny jakości próbek ziarna pszenicy i nasion rzepaku. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, 4: 93-101.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 10 pkt.; liczba cytowań = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zebraniu literatury, doborze metod analitycznych, wykonaniu części analiz, analizie części wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- P7.** Ambrosewicz-Walacik M., **Tańska M.**, Rotkiewicz D., 2015. Phospholipids of rapeseeds and rapeseed oils: factors determining their content and technological significance – a review. Food Reviews International, 31(4): 385-400.

IF = 1,974; MNiSW₂₀₁₆ = 30 pkt.; liczba cytowań = 2

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji publikacji, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 45%.

P8. Ambrosewicz-Walacik M., **Tańska M.**, Rotkiewicz D., 2015. Effect of heat treatment of rapeseed and methods of oil extraction on the content of phosphorus and profile of phospholipids. *Polish Journal of Natural Sciences*, 30(2): 123-136.

IF = 0,000; MNiSW₂₀₁₆ = 14 pkt.; liczba cytowań = 1

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, doborze metod analitycznych, wykonaniu części analiz, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 45%.

P9. Roszkowska B., **Tańska M.**, Czaplicki S., Konopka I. 2015. Variation in the composition and oxidative stability of commercial rapeseed oils during their shelf life. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(5): 673-683.

IF = 1,953; MNiSW₂₀₁₆ = 25 pkt.; liczba cytowań = 11

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, doborze metod analitycznych, wykonaniu części analiz, opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

P10. **Tańska M.**, Mikołajczak N., Konopka I., 2018. Comparison of the effect of sinapic and ferulic acids derivatives (4-vinylsyringol vs. 4-vinylguaiacol) as antioxidants of rapeseed, flaxseed, and extra virgin olive oils. *Food Chemistry*, 240: 679-685.

IF = 4,529; MNiSW₂₀₁₆ = 40 pkt.; liczba cytowań = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji badań, zebraniu literatury, zaplanowaniu doświadczenia, doborze metod analitycznych, opracowaniu wyników, uczestniczeniu w przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

Oświadczenia wszystkich współautorów prac, określające ich indywidualny wkład w powstanie poszczególnych publikacji znajdują się w *Załączniku 4*.

Łącznie:

- Sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji wg listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **9,786**;
- Suma punktów za publikacje wg wykazu czasopism naukowych Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) z dnia 9 grudnia 2016: **202**, w tym **130** za publikacje z listy A;
- Liczba cytowań wg Web of Science na dzień 30 października 2017: **23**.

4.1.3. Omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Wprowadzenie

Od momentu wprowadzenia do powszechnej uprawy odmian podwójnie ulepszonych tzw. "00" (o obniżonej zawartości kwasu erukowego i glukozyolanów), rzepak zajmuje drugą pozycję w światowej produkcji roślin oleistych. Jest on, drugim po zbożach, źródłem energii wykorzystywanej zarówno w żywieniu człowieka jak i zwierząt. W ostatnim półwieczu jego produkcja zwiększyła się ponad siedemnastokrotnie, z 3,6 mln ton na początku lat 60. do ponad 63 mln ton w sezonie 2016/2017 (*Rynek rzepaku 2017*). Prawie 90% światowej produkcji rzepaku uzyskuje się w UE-27, Chinach, Kanadzie i Indiach. Od 2007 r. Polska, wśród krajów UE, zajmuje trzecią pozycję zarówno w produkcji rzepaku jak i produkcji oleju rzepakowego (*Rosiak 2014*). Aktualnie Krajowy Rejestr Odmian w Polsce obejmuje 127 odmian ozimych i 30 odmian jarych rzepaku, w tym aż 100 odmian mieszańcowych (*Lista odmian... 2017*). Nasiona rzepaku znalazły wiele zastosowań przemysłowych, ale przede wszystkim są surowcem do produkcji oleju jadalnego oraz jadalnych tłuszczów modyfikowanych, m.in. margaryn, namiastek masła kakaowego, mieszanin z tłuszczem mlecznym, itp. (*Ptasznik 1997, Ptasznik i Jerzewska 1999, 2000, Krygier i Hirvonen 2002, Krygier 2009*).

Olej rzepakowy uznawany jest za jeden z najzdrowszych olejów roślinnych w żywieniu człowieka. Wynika to przede wszystkim z optymalnego składu kwasów tłuszczowych (*Krygier 2009, Lin i in. 2013, Gugala i in. 2014*):

- małej zawartości kwasów nasyconych (ok. 7%),
- wysokiej zawartości kwasów jednonienasyconych, w tym głównie kwasu oleinowego (ok. 60%), powodującego obniżenie poziomu cholesterolu we krwi, zwłaszcza jego szkodliwej formy LDL,
- wysokiej zawartości kwasów wielonienasyconych (ok. 30%), zwłaszcza linolowego i linolenowego, które odgrywają ważną rolę w budowie błon komórkowych organizmu człowieka,
- optymalnej zawartości (ok. 10%) deficytowego w diecie kwasu α -linolenowego, odgrywającego ważną rolę w funkcjonowaniu tkanek nerwowych,
- zrównoważonej proporcji (2:1) kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 (linolowego) do n-3 (α -linolenowego), prawie idealnej z punktu widzenia potrzeb żywieniowych,

oraz obecności naturalnych składników bioaktywnych:

- steroli (70-1000 mg/100 g), głównie β -sitosterolu, kampesterolu i brassikasterolu, które zmniejszają ryzyko rozwoju chorób układu krążenia i nowotworów oraz obniżają poziom

cholesterolu we krwi (*Rudzińska i in. 2001, 2005, Ogbe i in. 2015*), a także wykazują właściwości przeciwbakteryjne, przeciwzapalne i przeciwwrzodowe (*Szymański i Kruk 2007*);

- tokoferoli (30-80 mg/100 g), głównie γ -tokoferolu i α -tokoferolu, które wykazują aktywność witaminy E oraz są silnymi przeciwutleniaczami, hamującymi utlenianie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, zarówno w organizmie człowieka, jak i w żywności (*Nogala-Kałucka i in. 2004, Wroniak i Krygier 2008*); tokoferole ograniczają rozwój takich chorób cywilizacyjnych jak miażdżyca czy nowotwory jelita i prostaty (*Parry i in. 2008*);
- karotenoidów (0,5-27 mg/100 g), głównie luteiny i β -karotenu, które działają jako przeciwutleniacze i jednocześnie są niezbędne do funkcjonowania wielu organów człowieka (*Koski i in. 2002, Rotkiewicz i in. 2002, Yang i in. 2012*),
- polifenoli (0,5-5 mg/100 g), które wspomagają przeciwutleniające działanie tokoferoli w olejach (*Koski i in. 2002, Farhoosh i in. 2007, Siger i in. 2007*), a w organizmie wykazują działanie przeciwutleniające, przeciwnowotworowe i przeciwzapalne (*Benavente-García i Castillo 2008*).

Z uwagi na wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju rzepakowym, Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (*FDA 2006*) zaaprobowała w 2006 r. stosowanie oświadczenia zdrowotnego wskazującego, że spożywanie 1,5 łyżki (19 g) tego oleju dziennie może obniżać ryzyko chorób układu sercowo-naczyniowego.

Chociaż kwasom nienasyconym przypisuje się ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu ludzkiego, to ich obecność w oleju przyczynia się do stosunkowo niskiej jego trwałości. Wiązania podwójne, stanowiące podstawę strukturalną kwasów nienasyconych, łatwo ulegają procesom utleniania, co w konsekwencji prowadzi do niekorzystnych zmian jakościowych (*Krygier 1997, Choe i Min 2006*). Powstające podczas utleniania produkty wtórne wpływają niekorzystnie na cechy fizyczne i sensoryczne oleju, co sprawia, że jest on mniej akceptowalny dla konsumentów. Mają one jednocześnie niekorzystny wpływ na organizm człowieka ze względu na stosunkowo wysoką aktywność biologiczną prowadzącą do powstawania uszkodzeń wewnątrzkomórkowych i zmian zwyrodnieniowych w wyniku kumulacji tych związków w tkankach. W konsekwencji dochodzi do rozwoju takich chorób cywilizacyjnych jak choroby układu krążenia, choroby układu pokarmowego, cukrzyca czy nowotwory (*Márquez-Ruiz i in. 2008*). Wskazuje się także na ich szkodliwe działanie w obszarze błony śluzowej jelita oraz żołądka (*Wąsowicz i in. 2004*). Z kolei nadtlenki lipidowe przyspieszają wszystkie fazy powstawania choroby miażdżycowej –

uszkodzenie śródbłonka, gromadzenie się warstwy tłuszczowej w tętnicach, a w konsekwencji prowadzą do wystąpienia zakrzepicy. Związki te wykazują ponadto silne właściwości toksyczne i mutagenne (*Osada i in. 1998*). Dochodzi również do zmniejszenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz tworzenia się niekorzystnych połączeń pomiędzy produktami utlenienia lipidów a pozostałymi składnikami żywności (np. witaminami) (*Wąsowicz i in. 2004, Hęś i Korczak 2007*).

Skład kwasów tłuszczowych i zawartość składników bioaktywnych w oleju rzepakowym może zależeć od wielu czynników, głównie od jakości i odmiany rzepaku oraz warunków klimatycznych, uprawowych i zabiegów agrotechnicznych (*Tańska i Rotkiewicz 2003, Yang i in. 2012*). Ważnym czynnikiem wpływającym na zawartość składników bioaktywnych w oleju jest również metoda jego otrzymywania i oczyszczania. W olejach rafinowanych ich zawartość może ulec zmniejszeniu nawet do ilości śladowych, co jest obserwowane np. w przypadku karotenoidów (*Ghazani i Marangoni 2013*). W efekcie końcowa jakość i stabilność oksydacyjna oleju rzepakowego jest trudna do przewidzenia.

Skład chemiczny oleju rzepakowego oraz jego stabilność oksydacyjna była przedmiotem badań prowadzonych w wielu ośrodkach naukowych zarówno na świecie jak i w Polsce. Jednakże, obserwuje się zwiększającą się liczbę odmian rzepaku wprowadzanych do uprawy oraz rosnące wymagania konsumentów. Sprawia to, że jakość dostępnych na rynku olejów rzepakowych jest zróżnicowana. Mają na to wpływ zarówno stosowane zabiegi agrotechniczne jak i doskonalone technologie przetwórstwa nasion. Stosowane w poszczególnych zakładach technologie i wykorzystywane w nich umaszynowanie różnicuje w efekcie oleje rafinowane różnych producentów. Ponadto, z jednej strony producenci wykorzystują technologie pozwalające na wydajne oczyszczanie olejów podczas rafinacji, z drugiej jednak, obserwowane jest ciągle rosnące zapotrzebowanie na tzw. oleje dziewicze. Stąd podjęto badania, mające na celu pogłębienie wiedzy dotyczącej uwarunkowań jakości i stabilności oleju rzepakowego.

Cel badań

Celem głównym badań realizowanych w ramach prezentowanego osiągnięcia naukowego było **określenie zmienności składu i stabilności olejów rzepakowych oraz wskazanie na czynniki determinujące tę zmienność.**

Szczegółowy zakres badań obejmował:

- 1. Wybrane czynniki determinujące zmienność jakości nasion rzepaku**
- 2. Zmienność frakcji zmydlającej się olejów rzepakowych**

- 3. Zmienność frakcji niezmydlającej się olejów rzepakowych**
- 4. Zmienność stabilności oksydacyjnej olejów**
- 5. Możliwość zwiększania stabilności olejów rzepakowych przez zastosowanie pochodnych winylowych kwasów fenolowych**

Omówienie wyników badań

Ad. 1. Wybrane czynniki determinujące zmienność jakości nasion rzepaku

Wielkość nasion rzepaku i ich wytrzymałość mechaniczna są czynnikami, które determinują ich przydatność do przechowywania i przetwórstwa. Uszkodzone nasiona mają zwiększony dostęp wody i tlenu z otoczenia dzięki czemu są podatne na działanie mikroflory, mają zwiększony potencjał przemian enzymatycznych i chemicznych (hydroliza, utlenianie, itp.). Właściwości mechaniczne nasion zależą głównie od składu chemicznego okrywy nasiennej. W publikacji nr 1 opisano badania zależności pomiędzy wartością siły zgniatającej a barwą nasion rzepaku o różnych rozmiarach. Dokonano również wyjaśnienia różnic we właściwościach wytrzymałościowych nasion rzepaku poprzez analizę kompozycji włókien okrywy. Wykazano, że właściwości wytrzymałościowe nasion rzepaku zależą od wielkości nasion i korelują z ich średnicą. Wszystkie mierzone wskaźniki wytrzymałościowe (moduł sprężystości, indeks sprężystości oraz indeks sprężystości przy obciążeniu 5 N) wykazały, że nasiona o średnicy powyżej 2 mm są najbardziej odporne na uszkodzenie. Właściwości mechaniczne nasion są skorelowane z barwą ich okrywy, wskazując, że najbardziej odporne są takie, dla których wartości w systemie HSI wynoszą odpowiednio: $H > 60^\circ$, $S < 15\%$ i $I < 19\%$. Odporność mechaniczna nasion jest związana z gęstością powierzchniową rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego błonnika w okrywie, zwłaszcza celulozy (duże nasiona – $23.42 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, małe nasiona – $15.88 \mu\text{g}/\text{mm}^2$) i ligniny (duże nasiona – $18.09 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, małe nasiona – $15.10 \mu\text{g}/\text{mm}^2$). Wiedzę zdobytą w cytowanej publikacji można wykorzystać m.in. do planowania zasypu silosów zabezpieczającego przed uszkodzeniem mechanicznym nasion.

Również podwyższona temperatura i wilgotność nasion, zwłaszcza uszkodzonych, podczas ich przechowywania sprzyja niepożądanym zmianom biochemicznym i rozwojowi pleśni. Produkty oksydacyjnych i hydrolitycznych przemian lipidów wytwarzanych przez pleśnie zmniejszają smakowość oleju i są niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego. Za bezpieczny okres przechowywania uznaje się moment pojawienia się widocznych „gołym okiem” oznak pleśnienia. W publikacji nr 5 przedstawiono wyniki badań wpływu przechowywania nasion rzepaku o podwyższonej wilgotności (11 i 17%) na jakość zawartego w nich tłuszczu oraz udział

nasion spleśniałych. Wykazano, że określanie stopnia spleśnienia nasion na podstawie wizualnych obserwacji nie jest dobrym wyznacznikiem do przewidywania jakości tłuszczu nasion. W trakcie 21-dniowego okresu przechowywania stwierdzono szybki rozwój pleśni na nasionach rzepaku o wilgotności 17%, natomiast brak widocznych zmian na powierzchni nasion o wilgotności 11%. W przypadku nasion o wilgotności 17% już po 4 dniach przechowywania udział nasion spleśniałych w masie nasiennej przekroczył dopuszczalne normy określone w standardzie nasion rzepaku do przetwórstwa, co korelowało ze zmianami hydrolytycznymi tłuszczu. Jednak szybkość utleniania tłuszczu od początku przechowywania była duża w obu próbkach nasion. Równocześnie nastąpiło obniżenie wartości żywieniowej tłuszczu w wyniku zmian w składzie kwasów tłuszczowych. Zaobserwowano stopniowe zmniejszanie się udziału polienowych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 i n-3 (o 14,0% przy wilgotności 11% oraz o 31,6% przy wilgotności 17%) i zwiększanie się udziału kwasów monoenowych (o 4,4% przy wilgotności 11% oraz o 10,5% przy wilgotności 17%). Na podstawie tej oceny stwierdzono, że nasiona rzepaku o wilgotności 11% powinny być suszone nie później niż 4 dni po zbiorze, a nasiona o wilgotności 17% nie później niż 2 dni po zbiorze. Wyniki badań wskazały, że nawet krótkoterminowe przechowywanie nasion wilgotnych po zbiorze powinno być kontrolowane nie tylko na podstawie zmian wizualnych, ale również zmian jakości tłuszczu.

W kolejnej pracy dotyczącej charakterystyki nasion rzepaku (publikacja nr 6) opisano badania dotyczące możliwości zastosowania synchronicznej fluorescencji odbiciowej do odróżniania próbek nasion rzepaku różniących się jakością. Ocenie poddano próbki nasion „zdrowych” oraz eksperymentalnie uszkodzonych termicznie (130°C; 1 godz.) i hydrolytyczno-mikrobiologicznie (przechowywanie w warunkach podwyższonej wilgotności: 14%; 96 godz.; 24°C). Jakość kontrolnych próbek nasion rzepaku oceniono za pomocą standardowych wyróżników technologicznych oraz za pomocą analizy zawartości wybranych związków bioaktywnych (kwasy fenolowe, tokochromanole i chlorofile). Wszystkie próbki poddano analizie spektralnej wykorzystując rejestrację synchroniczną widm fluorescencji (uzyskano macierz danych o wielkości $43 \times 6328 = 272104$). Zastosowanie analizy składowych głównych (PCA) oraz map konturowych pozwoliło na wskazanie głównych obszarów spektralnych wskazujących na różne typy (jakość) analizowanych próbek. W obrazie kontrolnej próbki nasion rzepaku dominowała fluorescencja w obszarze 400-500 nm przy wzbudzeniu 280 nm, a w przypadku próbki uszkodzonej termicznie zaobserwowano dodatkowo wzrost natężenia fluorescencji przy 430-500 nm (wzbudzenie 330-370 nm). Takie spektrum fluorescencji jest charakterystyczne dla produktów utleniania, m.in. związków Maillarda. W nasionach

przechowywanych w stanie wilgotnym stwierdzono wzrost natężenia fluorescencji przy wzbudzeniu w zakresie 430-460 nm. Te ostatnie fluorofory miały charakter hydrofobowy, bowiem odłuszczenie próbki spowodowało zanik tego charakterystycznego fragmentu mapy. Wskazuje to, że w nasionach przechowywanych w stanie wilgotnym dochodzi do akumulacji wtórnych składników lipidowych zdolnych do fluorescencji. Wiedzę zdobytą przy realizacji tej publikacji można wykorzystać do opracowania szybkich testów pomiaru jakości nasion rzepaku.

Z uwagi na fakt, że w uprawie rzepaku występują formy ozime i jare, ale jednocześnie rośnie ranga odmian mieszańcowych w badaniach opisanych w publikacji nr 2 dokonano oceny wartości technologicznej nasion podwójnie ulepszonych krajowych odmian rzepaku: dwóch ozimych – populacyjnej Kana i mieszańcowej Pomorzanin oraz jarej populacyjnej Bios. Określono ważne w przetwórstwie i żywieniu cechy, takie jak: masa 1000 nasion, wymiary geometryczne, zawartość tłuszczu, fosforu, związków fenolowych i glukozyolanów, wydajność tłoczenia, skład lipidowy, stopień hydrolizy i utlenienia oleju oraz zawartość fosforu ogółem i niehydratowanego. Stwierdzono, że nasiona odmian ozimych cechowały się wyższą wartością technologiczną od nasion odmiany jarej, z uwagi na większą masę 1000 nasion i zawartość tłuszczu oraz mniejszą zawartość związków fosforu, w tym fosfolipidów. Jednak tłuszcz nasion odmiany Bios miał wyższą wartość żywieniową, ponieważ zawierał więcej kwasów tłuszczowych wielonienasyconych i mniej nasyconych. Proporcje kwasów tłuszczowych n-6 i n-3 były optymalne w tłuszczu nasion wszystkich odmian i zawierały się w przedziale od 1,83:1 do 2,60:1.

Ad. 2. Zmienność frakcji zmydlającej się olejów rzepakowych

Oleje roślinne, zwłaszcza te nierafinowane, to mieszanina wielu składników. Dominują w nich triacyloglicerole, ale występują też inne lipidy proste takie jak: niepełne acyloglicerole (diacyloglicerole, monoacyloglicerole), wolne kwasy tłuszczowe, woski oraz lipidy złożone (fosfolipidy i glikolipidy). Wszystkie te składniki tworzą frakcję zmydlającą się, która w olejach rzepakowych może stanowić 98,5-99,5%. Wspólnymi elementami w strukturze tych składników są kwasy tłuszczowe, ich rodzaj i długość oraz położenie w cząsteczce triacyloglicerolu, co decyduje o podatności oleju na utlenianie.

W publikacji nr 4 opisano badania składu kwasów tłuszczowych olejów tłoczonych na zimno z nasion 9 krajowych odmian rzepaku: 4 ozimych populacyjnych (Bogart, Bojan, Bosman, Monolit), 2 ozimych mieszańcowych (Kaszub, Pomorzanin) oraz 3 jarych populacyjnych (Bios, Feliks, Huzar). Stwierdzono istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) różnice w udziałach kwasów tłuszczowych. Kwasy tłuszczowe nasycone, monoenoowe i polienoowe

stanowiły w tych olejach odpowiednio 6,13-7,55%, 61,09-66,53% i 26,38-32,21%. Najbardziej zróżnicowane pod względem udziału kwasów tłuszczowych były oleje z nasion odmian jarych. Oleje z dwóch odmian tej grupy (Bios i Feliks) charakteryzowały się skrajnie różnymi udziałami kwasów oleinowego i linolenowego (różnice wynosiły odpowiednio 6,18 i 3,57 jednostek procentowych). Olej z nasion odmiany Bios z najniższym udziałem kwasu oleinowego, a najwyższym linolenowego, cechował się równocześnie bardzo dobrą proporcją kwasów n-6 i n-3, wynoszącą 1,84:1. Z kolei oleje z nasion odmian Monolit, Pomorzanin oraz Huzar, o stosunkowo wysokim udziale kwasu oleinowego i niskim kwasu linolenowego, wyróżniały się niskim wskaźnikiem utlenialności (równym 0,36), co wskazuje na ich najmniejszą podatność na utlenianie. Stwierdzono ponadto, że udział dwóch kwasów: stearynowego i eikozenowego był najbardziej zmienny między odmianami, podczas gdy kwasy oleinowy i linolowy były najbardziej stabilne (współczynnik zmienności $CV < 5\%$). Uzyskana z tych badań wiedza może być wykorzystana m.in. w projektowaniu ukierunkowanej technologii przerobu nasion na olej jadalny (tłoczony na zimno lub rafinowany) oraz na biodiesel.

W badaniach przeprowadzonych na handlowych olejach rzepakowych (publikacja nr 9), oferowanych przez różnych producentów, stwierdzono, że nie różniły się one znacząco pod względem składu kwasów tłuszczowych. Bezpośrednio po otwarciu opakowań („oleje świeże”) udziały procentowe dominujących kwasów tłuszczowych, oleinowego, linolowego i linolenowego, były najmniej zróżnicowane (CV do 5%) i wynosiły odpowiednio: 62-64%, 18-20% i 7-10%. Większa zmienność dotyczyła kwasu eikozenowego i palmitynowego, CV odpowiednio 17,4 i 11,1%. Wskazuje to na stosunkowo stabilny profil kwasów tłuszczowych w olejach handlowych, z większymi różnicami wśród kwasów tłuszczowych o mniejszym udziale procentowym. Niewielkie wahania składu kwasów tłuszczowych w badanych olejach powodowały zmianę stosunku kwasów tłuszczowych n-6 do n-3 z 2,0:1 do 2,4:1, ze średnią wartością ok. 2,2:1. Natomiast wskaźnik utlenialności olejów wahał się od 0,34 do 0,40. W końcowym okresie przydatności do spożycia (po zakończeniu czasu indukcji) nastąpiło zmniejszenie udziałów kwasów linolowego (o 16%) i linolenowego (o 21%). To spowodowało zwiększenie udziałów nasyconych kwasów tłuszczowych, kwasu palmitynowego o 15% i stearynowego o 6%. Zmiany te doprowadziły do niepożądanego zwiększenia stosunku n-6 do n-3 w większości olejów, w skrajnym przypadku do wartości 4,6:1. Na podstawie analizy PCA możliwe było odróżnienie utlenionych olejów tłoczonych na zimno od olejów rafinowanych.

Z technologicznego punktu widzenia fosfolipidy są jednym z najważniejszych składników nasion rzepaku. W publikacji nr 7 przedstawiono przegląd literaturowy dotyczący

badań prowadzonych nad fosfolipidami w nasionach i olejach rzepakowych. Pierwsza część pracy przedstawia budowę i właściwości chemiczne tych związków, syntezę i miejsce ich występowania w nasionach rzepaku oraz formy i ilości w jakich występują w nasionach. W drugiej części pracy omówiono wpływ warunków genetycznych i środowiskowych na zawartość fosfolipidów i ich migrację do olejów oraz problemy związane z ich obecnością w olejach. Przedstawiono również wybrane metody usuwania fosfolipidów. W pracy zwrócono uwagę na ważne znaczenie czynników genetycznych, takich jak odmiana i forma rośliny, które decydują zarówno o ilości jak i profilu tych związków w nasionach rzepaku. Podczas przemysłowej obróbki nasion (kondycjonowania, rozdrabniania) oraz wydobywania na skutek fizycznej, termicznej lub enzymatycznej degradacji komórek nasiennych, fosfolipidy (zarówno hydratowalne jak i niehydratowalne) są uwalniane z membran i swobodnie migrują do oleju, gdzie przyczyniają się do licznych problemów technologicznych, takich jak pogarszanie barwy, smaku i zapachu, zwiększenia strat rafinacyjnych, zmniejszenia efektywności urządzeń, itp. Aby zmniejszyć zawartość tych związków w oleju, ilość nasion z mikro- i makrouszkodzeniami w masie nasiennej kierowanej do przetwórstwa powinna być ograniczona. Ponadto wilgotność nasion i temperatura podczas procesu rozdrabniania nasion, prażenia i wydobycia oleju powinny być kontrolowane w celu ograniczenia obecności aktywnej fosfolipazy D, która jest odpowiedzialna za powstawanie niehydratowalnych form fosfolipidów, trudniejszych do usunięcia z oleju. Fosfolipidy hydratowalne są usuwane z oleju już na etapie wstępnego odśluzowania przy użyciu wody. Z kolei fosfolipidy niehydratowalne można usuwać na etapie odśluzowania końcowego, stosując dodatek kwasów (najczęściej fosforowego lub cytrynowego) lub czynnika chelatującego np. EDTA (kwas etyleno-dwuamino-czterooctowy), a także w procesie membranowym lub enzymatycznym. Efektywność odśluzowania z użyciem tych metod zależy jednak od początkowej jakości oleju oraz jego przeznaczenia.

W kolejnej pracy dotyczącej fosfolipidów (publikacja nr 8) opisano badania mające na celu określenie wpływu obróbki termicznej nasion rzepaku, jak również metody wydobywania oleju (tłoczenie i ekstrakcja przy użyciu różnych rozpuszczalników) na udział i profil fosfolipidów. Wykazano, że ogrzewanie nasion i metoda wydobywania oleju miała istotny wpływ na zawartość fosforu oraz udział i profil fosfolipidów, z czego w największym stopniu na udział kwasu fosfatydowego (PA). Ogrzewanie nasion rzepaku przed wydobywaniem oleju wpłynęło na zwiększenie zawartości fosforu w oleju (nawet 24-krotnie w przypadku oleju tłoczonego) oraz ogólnego udziału fosfolipidów (odpowiednio 111,5- i 1,4-krotnie). Frakcja fosfolipidowa w oleju otrzymanym z ogrzewanych nasion składała się z fosfatydylocholino (PC)

i fosfatydyloetanolaminy (PE). Szczególnie wysoką zawartością fosforu i fosfolipidów, w tym największym udziałem fosfolipidów niehydratowalnych (PA + PE), cechowały się oleje wyekstrahowane mieszaniną chloroform-metanol oraz etanolem. Wiedza uzyskana w tej pracy może być wykorzystana m.in. w ukierunkowanej technologii produkcji oleju (tłoczony na zimno, rafinowany fizycznie, rafinowany chemicznie) i tym samym decydować o jej kosztowności, ale również przy otrzymywaniu preparatów fosfolipidowych o określonym przeznaczeniu (np. leki, suplementy diety, emulgatory, surfaktanty).

Ad. 3. Zmienność frakcji niezmydlającej się olejów rzepakowych

Frakcja nieglicerolowa (niezmydlająca się) stanowi w olejach rzepakowych 0,5-1,2%. W jej skład mogą wchodzić: sterole, tokoferole, węglowodory (np. skwalen), alkohole triterpenowe, karotenoidy, chlorofile oraz związki fenolowe. Udział tych składników w oleju jest zróżnicowana i zależy głównie od jakości, rodzaju i odmiany surowca oraz warunków klimatycznych, uprawowych i zabiegów agrotechnicznych. Ważnym czynnikiem wpływającym na zawartość składników nieglicerolowych w oleju jest również metoda jego otrzymywania i oczyszczania. W olejach rafinowanych zawartość tych składników może ulec zmniejszeniu nawet do ilości śladowych w przypadku karotenoidów i chlorofili. Obecne w oleju składniki frakcji niezmydlającej się mogą wywierać różny wpływ na jego stabilność oksydacyjną. Generalnie, sterole i tokochromanole, z uwagi na największy ich udział, wskazuje się jako główne antyoksydanty olejów roślinnych. Ważną rolę przeciwutleniającą przypisuje się również karotenoidom, skwalenowi i polifenolom.

W publikacji nr 9 przedstawiono badania przeprowadzone na 21 handlowych olejach rzepakowych. Uzyskane wyniki wskazały na duże zróżnicowanie tych olejów pod względem zawartości i profilu składników frakcji niezmydlającej się, zarówno bezpośrednio po otwarciu (oznaczonych jako „świeże”) jak i po okresie indukcji (w końcowym okresie przydatności do spożycia, oznaczonych jako „utlenione”). W olejach „świeżych” zawartość frakcji niezmydlającej się kształtowała się w przedziale 290-813 mg/100 g. Największy udział w tej frakcji (67-88%) stanowiły sterole, których w 100 g oleju było od 200 do 712 mg. Oleje tłoczone na zimno zawierały średnio o ok. 5,5% mniej tych związków niż oleje rafinowane. We wszystkich olejach rzepakowych zidentyfikowano 4 sterole: brassikasterol, kampesterol, β -sitosterol oraz Δ^5 -awenasterol. Spośród nich dominowały dwa sterole, kampesterol ze średnią zawartością 153 mg/100 g i β -sitosterol ze średnią zawartością 183 mg/100 g, które stanowiły odpowiednio ok. 38 i 45% wszystkich steroli. Brassikasterol występował w olejach w ilości 26-90 mg/100 g i najbardziej różnicował oleje tłoczone na zimno i rafinowane. Oleje tłoczone

na zimno zawierały o 16% mniej tego sterolu. $\Delta 5$ -awenasterol stanowił tylko ok. 4% frakcji steroli i jego zawartość nie miała związku z rodzajem oleju. Tokoferole to drugie, pod względem stężenia, składniki frakcji niezmydlającej się w badanych olejach rzepakowych. Średnia ich zawartość w olejach była na poziomie 89 mg/100 g, co stanowiło 18% ogółu frakcji niezmydlającej się. Zawartość tych składników w olejach rzepakowych była mało zróżnicowana (CV=5,8%). Dominowały dwa homologi tokoferoli, α i γ , których udziały procentowe były porównywalne i wynosiły ok. 44%. Zawartość α - i γ -tokoferolu w badanych olejach kształtowała się w zakresach odpowiednio 36-45 i 31-43 mg/100 g. Oleje tłoczone na zimno cechowały się o 4% większą zawartością homologu α , ale o 7% mniejszą zawartością homologu γ . Homolog δ stanowił w olejach rzepakowych tylko 0,5% i oleje tłoczone na zimno zawierały go dwukrotnie więcej niż oleje rafinowane. We wszystkich badanych olejach rzepakowych stwierdzono także obecność plastochromanolu-8, którego zawartość kształtowała się w przedziale 8-14 mg/100 g. Generalnie więcej tego związku było w olejach rafinowanych, średnio o 30%. Barwniki lipofilne w olejach rzepakowych, karotenoidy i chlorofile, stanowiły we frakcji niezmydlającej się w sumie od 0,1 do 6%. Zawartość tych barwników najbardziej różnicowała oleje tłoczone na zimno i rafinowane. Oleje tłoczone na zimno zawierały średnio 26 mg/100 g karotenoidów i 2 mg/100 g chlorofili, podczas gdy w olejach rafinowanych było ich odpowiednio 26- i 9-krotnie mniej. Równie mały udział we frakcji niezmydlającej się (maksymalnie do 7,5%) stanowiły związki fenolowe. Ich zawartość w olejach kształtowała się w zakresie od 0 (w 2 próbkach oleju) do 32 mg/100 g (w 3 próbkach olejów). Generalnie oleje rafinowane zawierały więcej tych związków, średnio o 12 mg/100 g oleju. Zarówno barwniki jak i związki fenolowe okazały się najbardziej różnicującymi związkami handlowych olejów rzepakowych. Wyznaczone współczynniki zmienności dla tych związków były w zakresie od 113% dla związków fenolowych do 196% dla karotenoidów. Po utlenianiu ilość pierwotnych form składników frakcji niezmydlającej się ulegała znacznemu zmniejszeniu i po okresie indukcji oleje rzepakowe zawierały średnio o 30% mniej steroli, 29% mniej tokochromanoli, 23% mniej karotenoidów, 17% mniej związków fenolowych i 16% mniej chlorofili. Zaobserwowano również, że „utlenione” oleje rzepakowe były bardziej zróżnicowane pod względem zawartości badanych składników niż oleje „świeże”.

W badaniach opisanych w publikacji nr 10 również dokonano charakterystyki olejów rzepakowych, tłoczonego na zimno i rafinowanego. Wykazano, że olej tłoczony zawierał istotnie więcej ($p \leq 0,05$) w porównaniu do oleju rafinowanego karotenoidów (5,26 vs. 0,13 mg/100 g), skwalenu (2,18 vs. 2,00 mg/100 g) i związków fenolowych (1,03 vs. 0,11 mg/100 g). Olej

rafinowany był natomiast bogatszy w sterole (795,65 vs. 700,06 mg/100 g). W pracy tej potwierdziło się, że we frakcji steroli oleju rzepakowego dominują kampesterol i β -sitosterol, natomiast we frakcji tokoferoli homologu α i γ . Dodatkowo przeprowadzono analizę profilu kwasów fenolowych i karotenoidów. Kwasy fenolowe występowały tylko w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno w ilości 21,06 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, co stanowiło ok. 2% wszystkich związków fenolowych. Wśród tych kwasów dominował kwas sinapowy (około 79% ogółu), natomiast w mniejszej ilości występowały kwasy ferulowy i p-kumarowy. Olej tłoczony na zimno różnił się od oleju rafinowanego także profilem karotenoidów. W oleju rafinowanym była obecna tylko luteina i śladowe ilości β -karotenu. Z kolei w oleju tłoczonym na zimno zidentyfikowano oprócz luteiny i β -karotenu, również zeaksantynę i α -karoten. Luteina i β -karoten stanowiły odpowiednio 62 i 36% sumy wszystkich karotenoidów, natomiast udziały procentowe pozostałych karotenoidów były niewielkie.

Przedstawione w tych pracach wyniki wskazują na duże zróżnicowanie olejów rzepakowych dostępnych w handlu pod względem zawartości składników bioaktywnych, decydujących zarówno o wartości odżywczej jak i stabilności oksydacyjnej. Wiedza uzyskana w tych badaniach wskazuje na potrzebę doboru surowca i/lub modyfikowania warunków procesu technologicznego, co pozwoli osiągnąć stabilną jakość i trwałość produktów tego samego typu.

Ad. 4. Zmienność stabilności oksydacyjnej olejów rzepakowych

Utlenianie kwasów tłuszczowych jest głównym problemem w zapewnieniu odpowiedniej jakości i wartości żywieniowej olejów jadalnych. Proces ten może prowadzić nie tylko do powstania nieprzyjemnego, jelkiego smaku i zapachu oraz zmiany barwy, ale także obniżyć wartość odżywczą i bezpieczeństwo zdrowotne zawartych w oleju składników. Rodzaj kwasu tłuszczowego w oleju i jego położenie w cząsteczce triacyloglicerolu ma istotny wpływ na jego podatność lub odporność na procesy utleniania. Generalnie wyższa zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie wielonienasyconych sprawia, że olej jest mniej stabilny oksydacyjnie, a tym samym ma mniejszą trwałość przechowalniczą.

W publikacji nr 3 opisano kinetykę zmian oksydacyjnych zachodzących w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno podczas trwania testu termostatowego (temperatura 63°C, 192 godz.). Wyjściowa liczba nadtlenkowa i anizydynowa oleju była niska, wynosiła odpowiednio 1,6 mEq O₂/kg i 0,2. Po 24 godzinach trwania testu termostatowego (co odpowiada 12-24 dniom przechowywania w temperaturze 21°C) liczba nadtlenkowa przekroczyła dopuszczalną dla olejów tłoczonych na zimno wartość 10 mEq O₂/kg. Od tego momentu zaobserwowano

również większe zmiany w barwie oleju, początkowo ciemno żółta barwa stawała się mniej intensywna i nasycona (spadek wartości składowych barwy I oraz S). Wartości liczby anizydynowej oraz zawartość dienów również zwiększały się od początku trwania testu, natomiast przyrost zawartości trienów odnotowano dopiero w końcowym okresie testu. Zaobserwowane zmiany wartości liczby nadtlenkowej i anizydynowej w czasie przechowywania opisano równaniami wielomianowymi 2-go stopnia: dla liczby nadtlenkowej $y = 0,0002x^2 + 0,2463x + 3,6354$ ($R^2 = 0,9907$) i liczby anizydynowej $y = 0,0024x^2 + 0,1802x + 1,5779$ ($R^2 = 0,9880$). W pracy określono również zależności pomiędzy rzeczywistą (ocenioną w teście termostatowym) a potencjalną (szacowaną na podstawie składu kwasów tłuszczowych) trwałością oleju rzepakowego tłoczonego na zimno w porównaniu do oleju lnianego tłoczonego na zimno. Obliczone na podstawie składu kwasów tłuszczowych wskaźniki utlenialności (0,37 vs. 1,18) sugerowały trzykrotnie wyższą trwałość oleju rzepakowego niż oleju lnianego. Z kolei równania regresji wskazały tylko na dwukrotnie szybsze tempo nagromadzania się pierwotnych (nadtlenków) i wtórnych (aldehydów) produktów utleniania w oleju lnianym niż w oleju rzepakowym. Uzyskane w tej pracy wyniki wskazały na znaczący udział innych, niż kwasy tłuszczowe, składników oleju w kształtowaniu jego trwałości.

W badaniach przeprowadzonych na 21 handlowych olejach rzepakowych (publikacja nr 9) potwierdzono brak związku stabilności oksydacyjnej ze składem kwasów tłuszczowych. Mimo stwierdzonego małego zróżnicowania w składzie kwasów tłuszczowych we wszystkich olejach rzepakowych, zarówno tłoczonych na zimno jak i rafinowanych (wskaźniki utlenialności odpowiednio 0,37 i 0,39), różniły się one znacząco pod względem czasów indukcji (IT), liczby kwasowej (LK) i nadtlenkowej (LN). Wartości IT wyznaczone w teście Rancimat (temperatura 110°C, przepływ powietrza 20 l/godz.) kształtowały się dla badanych olejów w zakresie 8,0-11,3 godz., przy czym oleje tłoczone na zimno były o ok. 20% bardziej podatne na utlenianie niż oleje rafinowane. Wszystkie oleje charakteryzowały się generalnie niskim stopniem hydrolizy (LK w zakresie 0,09-0,82 mg KOH/g) i utlenienia (LN w zakresie 0,49-2,18 mEq O₂/kg), ale oleje tłoczone na zimno zawierały trzykrotnie więcej produktów hydrolizy i dwukrotnie mniej produktów utlenienia. Przedstawione w tej pracy wyniki wskazały na niestabilną jakość (CV=69,51% dla LK, CV=37,50% dla LN) i trwałość (CV=10,12% dla IT) dostępnych na rynku olejów rzepakowych. Zaobserwowano również większą podatność na utlenianie olejów o większej początkowej zawartości wolnych kwasów tłuszczowych ($r=-0,61$, $p \leq 0,05$). Z kolei ochronne działanie na oleje wykazywały jedynie związki fenolowe ($r=0,76$, $p \leq 0,05$). Wiedza na ten temat może być przydatna zarówno przy ustalaniu przez

producenta okresów przydatności oleju do spożycia jak i przy projektowaniu warunków procesów technologicznych w celu otrzymania produktu o zwiększonej trwałości.

Ad. 5. Możliwość zwiększania stabilności olejów rzepakowych przez zastosowanie pochodnych winylowych kwasów fenolowych

Stwierdzony we wcześniejszych badaniach związek stabilności oksydacyjnej olejów z zawartością w nich związków fenolowych stał się inspiracją do przeprowadzenia dalszych badań. W publikacji nr 10 dokonano porównania efektywności dwóch pochodnych kwasów fenolowych, 4-winylogwajakolu (4-VQ) i 4-winylosyringolu (4-VS), w stabilizowaniu m.in. olejów rzepakowych, rafinowanego i tłoczonego na zimno. Związki te (handlowe standardy, o czystości >95%) dodawano w stężeniu 20, 40 i 80 mg na 100 g oleju. Stabilność oksydacyjna olejów bez dodatków (próbki kontrolne) oraz z dodatkiem pochodnych kwasów fenolowych sprawdzana była w teście Rancimat (temperatura 110°C, przepływ powietrza 20 l/godz.). Początkowe czasy indukcji (IT) wynosiły dla oleju tłoczonego na zimno i rafinowanego odpowiednio 8,80 i 9,74 godz. Stwierdzono liniowe zależności pomiędzy stężeniem pochodnych kwasów fenolowych a czasem indukcji. 4-VQ był bardziej skuteczny w hamowaniu utleniania, ponieważ przyrost IT po jego dodaniu był o 5-11 razy większy niż przy tym samym dodatku 4-VS. Największy dodatek 4-VQ spowodował wydłużenie czasu indukcji, niezależnie od typu oleju, o ok. 24%. Natomiast efektywność 4-VS była nie większa niż 5%. Uzyskane w tej pracy wyniki wskazują, że pochodne winylowe kwasów tłuszczowych, zwłaszcza 4-winylogwajakol, mogą być skutecznymi przeciwutleniaczami w produktach tłuszczowych. Wiedza ta może być wykorzystana m.in. przez producentów bioolejów charakteryzujących się szczególnie krótkim okresem przydatności do spożycia.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki mają zarówno charakter poznawczy jak i aplikacyjny. Jako główne osiągnięcia przeprowadzonych badań można wskazać wykazanie, że:

- a) nasiona rzepaku o średnicy powyżej 2 mm, szczególnie te których barwa oceniona systemie HSI wynosi odpowiednio: $H > 60^\circ$, $S < 15\%$ i $I < 19\%$, są najbardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne. Ta odporność jest związana z gęstością powierzchniową rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego błonnika w okrywie, zwłaszcza celulozy (duże

- nasiona – 23.42 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$, małe nasiona – 15.88 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$) i ligniny (duże nasiona – 18.09 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$, małe nasiona – 15.10 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$),
- b) nasiona rzepaku o wilgotności 11% powinny być suszone nie później niż 4 dni po zbiorze, natomiast nasiona o wilgotności 17% nie później niż 2 dni po zbiorze,
 - c) do oceny zmian jakości nasion rzepaku wywołanej przez procesy cieplne i hydrolytyczno-mikrobiologiczne można wykorzystać fluorescencyjną spektroskopię odbiciową,
 - d) skład chemiczny olejów pozyskanych z form jarych i ozimych jest istotnie różny, zwłaszcza w aspekcie udziału kwasów tłuszczowych,
 - e) ogrzewanie nasion przed procesem wydobycia i metoda wydobywania oleju (tłoczenie/ekstrakcja) ma istotny wpływ na zawartość fosforu oraz udział i profil fosfolipidów. Te czynniki w największym stopniu determinują udział kwasu fosfatydowego,
 - f) rynkowe oleje rzepakowe mają stosunkowo stabilny skład kwasów tłuszczowych, natomiast różnią się obecnością rozpuszczonych substancji niezmydlających się, m.in. znacząco różnią się zawartością związków fenolowych,
 - g) stabilność oksydacyjna olejów rzepakowych jest związana głównie z zawartością związków fenolowych,
 - h) pochodne winylowe kwasów fenolowych, mogą być stosowane jako skuteczne przeciwutleniacze olejów rzepakowych, przy czym wyższą efektywność w stabilizowaniu osiągnięta będzie przy zastosowaniu 4-winylogwajakolu.

Cytowana literatura:

- Benavente-García O., Castillo J. 2008. Update on uses and properties of citrus flavonoids: New findings in anticancer, cardiovascular, and anti-inflammatory activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6185-6205.
- Choe E., Min D.B. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 169-186.
- Farhoosh R., Niazmand R., Rezaei M., Sarabi M. 2008. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110, 587-592.
- FDA 2006. Center for Food Safety and Applied Nutrition. *Qualified Health Claims – Qualified Health Claims: Letter of Enforcement Discretion – Unsaturated Fatty Acids from Canola Oil and Reduced Risk of Coronary Heart Disease (Docket No. 2006Q-0091)*.
- Ghazani S.M., García-Liats G., Marangoni A.G. 2014. Micronutrient content of cold-pressed, hot-pressed, solvent extracted and RBD canola oil: Implications for nutrition and quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 380-387.

- Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A. 2014. Prozdrowotne właściwości oleju rzepakowego. *Postępy Fitoterapii*, 2, 100-103.
- Hęś M., Korczak J. 2008. Wpływ produktów utleniania lipidów na wartość odżywczą białka. *Nauka. Przyroda. Technologie*, 1, 1-9.
- Koski, A., Psomiadou, E., Tsimidou, M., Hopia, A., Kefalas P., Wähälä K., Heinonen M. 2002. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and cold-pressed rapeseed oil. *European Food Research and Technology*, 214, 294-298.
- Krygier K. 1997. Współczesne roślinne tłuszcze jadalne. *Przemysł Spożywczy*, 51(4), 11-13.
- Krygier K. 2009. Olej rzepakowy – jego wartość żywieniowa i użytkowa. *Przemysł Spożywczy*, 63(7), 16-20.
- Krygier K., Hirvonen K. 2002. Margaryny ze stanolami skutecznym czynnikiem obniżającym poziom cholesterolu we krwi. *Tłuszcze Jadalne*, 37(3/4), 148-153.
- Lin L., Allemekinders H., Dansby A., Campbell L., Durance-Tod S., Berger A., Jones P.J.H. 2013. Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews*, 71(6), 370-385.
- Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce, 2017. COBORU, Słupia Wielka.
- Márquez-Ruiz G., García-Martínez M. C., Holgado F. 2008. Changes and effects of dietary oxidized lipids in the gastrointestinal tract. *Lipids Insights*, 2, 11-19.
- Nogala-Kałucka M., Lampart-Szczapa E., Korczak J., Pacyńska K., Siger A. 2004. Badania efektywności przeciwutleniaczy oraz spadku zawartości tokoferoli w układach modelowych w testach utleniania tłuszczów. *Rośliny Oleiste*, 25(1), 251-62.
- Ogbe R.J., Ochalefu D.A., Mafulul S.G., Olaniru O.B. 2015. A review on dietary phytosterols: Their occurrence, metabolism and health benefits. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(4), 10-21.
- Osada K., Kodama T., Yamada K., Nakamura S., Sugano K. 1998. Dietary oxidized cholesterol modulates cholesterol metabolism and linoleic acid desaturation in rats, fed high-cholesterol diets. *Lipids*, 33, 757-764.
- Parry J.W., Cheng Z., Moore J., Yu L.L. 2008. Fatty acid composition, antioxidant properties, and antiproliferative capacity of selected cold-pressed seed flours. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 457- 464.
- Ptasznik S. 1997. Zastosowanie niskoerukowego oleju rzepakowego do otrzymywania namiastek masła kokosowego. *Rośliny Oleiste*, 18 (2): 477-481.
- Ptasznik S., Jerzewska M. 1999. Olej rzepakowy jako źródło kwasów tłuszczowych nienasyconych w modyfikacji tłuszczu mlecznego. *Rośliny Oleiste*, 20(2), 563-568.
- Ptasznik S., Jerzewska M. 2000. Porównanie wybranych margaryn typu „Soft”. *Tłuszcze Jadalne*, 35(3/4), 103-111.

- Rosiak E. 2014. Krajowy rynek rzepaku na tle rynku światowego. Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego, 14(29), 86-96.
- Rotkiewicz D., Tańska M., Konopka I., 2002. Barwniki karotenoidowe i chlorofilowe olejów roślinnych oraz ich funkcje. Rośliny Oleiste, 23(2), 561-579.
- Rudzińska M., Kuzuś T., Wąsowicz E. 2001. Sterole i ich utlenione pochodne w olejach roślinnych rafinowanych i tłoczonych na zimno. Rośliny Oleiste, 22(2), 477-494.
- Rudzińska M., Uchman W., Wąsowicz E. 2005. Plant sterols in food technology. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 4(1), 147-156
- Rynek Rzepaku 2017. Rynek rzepaku – stan i perspektywy. E. Rosiak (red). Analizy rynkowe, IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, Warszawa.
- Siger A., Nogala-Kalucka M., Lampart-Szczapa E. 2008. The content and antioxidant activity of phenolics compounds in cold-pressed plant oils. Journal of Food Lipids, 15, 137-149.
- Szymański R., Kruk J. 2007. Fitosterole – występowanie i znaczenie dla człowieka. Kosmos - Problemy Nauk Biologicznych, 56, 107-114
- Tańska M., Rotkiewicz D., 2003. Wpływ różnych czynników na jakość nasion rzepaku. Rośliny Oleiste, 24(2), 595-616.
- Wroniak M., Krygier K., Kaczmarczyk M. 2008. Comparison of the quality of cold pressed and virgin rapeseed oils with industrially obtained oils. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 58(1), 85-89.
- Yang M., Zheng C., Zhou Q., Huang F., Liu C., Wang H. 2012. Minor components and oxidative stability of cold-pressed oil from rapeseed cultivars in China. Journal of Food Composition and Analysis, 29, 1-9.

4.2. Omówienie pozostałego dorobku naukowo-badawczego

4.2.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych

Początek mojej pracy badawczej związany był z realizacją pracy magisterskiej w roku akademickim 2000-2001 w Katedrze Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, gdzie pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Danieli Rotkiewicz prowadziłam badania dotyczące jakości i trwałości oleju z nasion dwóch odmian rzepaku uprawianego przy zastosowaniu różnych środków ochrony roślin. W pracy magisterskiej pt. *„Wpływ wybranych kombinacji środków ochrony roślin na wartość technologiczną nasion rzepaku jarego oraz na jakość i trwałość oleju”* wykazałam, że niektóre środki ochrony roślin wpływają na nierównomierne dojrzewanie nasion rzepaku, co skutkuje gorszą jakością i mniejszą trwałością oleju. Zaobserwowana w trakcie realizacji pracy magisterskiej duża zmienność wielkości nasion, nawet w obrębie tej samej próby, stała się inspiracją do realizacji pracy doktorskiej, którą rozpoczęłam w tej samej Katedrze w grudniu

2001 r. pod opieką Pani prof. dr hab. Danieli Rotkiewicz. W pracy doktorskiej zajęłam się zbadaniem zmienności wielkości nasion rzepaku oraz jej wpływu na skład chemiczny i trwałość oleju tłoczonego i ekstrahowanego. Materiał badawczy stanowiły próby przemysłowej masy nasiennej rzepaku z trzech różnych lat zbiorów (2001, 2002, 2003) oraz trzech różnych rejonów uprawy (północnego, centralnego, południowego), które rozseparowałam na trzy frakcje o różnych wymiarach: nasiona dorodne (o wymiarach > 2,0 mm), nasiona średnie (o wymiarach 1,6-2,0 mm) oraz nasiona drobne (o wymiarach < 1,6 mm). Wydzielone frakcje nasienne oceniałam pod względem wartości technologicznej, wybranych cech fizycznych oraz jakości wydobytych olejów. Wykazałam, że frakcje nasion dorodnych zawierały najmniej zanieczyszczeń, związków fosforu i chlorofilu, a najwięcej tłuszczu oraz cechowały się najwyższą wydajnością tłoczenia. Oleje wydobyte z tych frakcji zawierały najmniej chlorofili oraz produktów hydrolizy i utlenienia oraz charakteryzowały się najwyższą stabilnością oksydacyjną. Z kolei frakcje nasienne drobne i pozyskane z nich oleje zawierały najmniej tłuszczu, najwięcej zanieczyszczeń oraz związków fosforu i chlorofili. Na podstawie wyników badań wykazałam, że czynnikiem bardziej różnicującym udział frakcji nasiennych rzepaku oraz ich wartość technologiczną i jakość wydobywanych olejów, był rejon uprawy niż rok zbiorów. Część z tych badań prowadziłam w ramach projektu badawczego promotorskiego nr 2P06T 065 27, pt. „**Wpływ wymiarów nasion rzepaku na jakość oleju**” (Załącznik 5 – 7.1). Pracę doktorską obroniłam z wyróżnieniem w 2006 r.

Realizacja pracy doktorskiej zaowocowała ukazaniem się, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora 1 publikacji w czasopiśmie z listy A *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 1.1), 4 publikacji w czasopiśmie z listy B *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) oraz 3 referatami (Załącznik 5 – 6.1, 6.2, 6.3) i 6 doniesieniami (Załącznik 5 – 5.1, 5.2, 5.3, 5.8, 5.9, 5.10) na konferencjach naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora powstała dodatkowo 1 publikacja w czasopiśmie z listy A *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 1.8) oraz poster, który prezentowałam na konferencji krajowej (Załącznik 5 – 5.14).

W czasie realizacji pracy doktorskiej aktywnie włączałam się również w badania prowadzone w Katedrze. Pierwsze badania dotyczyły zależności pomiędzy cechami fizycznymi (wymiary, barwa i twardość) ziarniaków i składem lipidów ziarna pszenicy. Efekty tej współpracy zostały opisane w 2 publikacjach w czasopismach z listy A *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 1.2, 1.3). W kolejnych badaniach oceniałam cechy reologiczne pieczywa z mąki pszennej oraz zachodzące podczas wypieku przemiany lipidów. Wyniki tych badań prezentowałam na konferencji w postaci 2 posterów (Załącznik 5 – 5.4, 5.5). Ponadto pogłębiałam wiedzę na temat utleniania lipidów badając oleje i konsumpcyjne nasiona oleiste poddane

przechowywaniu oraz obróbce cieplnej. Wyniki tych badań zostały opisane w 2 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.5, 2.6), publikacji w czasopiśmie spoza listy MNiSW2016 (Załącznik 5 – 3.1) oraz zaprezentowane na 2 krajowych konferencjach (Załącznik 5 – 5.6, 5.7). Brałam również udział w analizach składu chemicznego nasion gorczycy uprawianej przy zastosowaniu różnych dawek nawożenia, a uzyskane wyniki przyczyniły się do powstania publikacji w czasopiśmie z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.7).

W czasie realizacji pracy doktorskiej miałam też możliwość uczestniczenia w projekcie badawczym zamawianym nr PBZ-KBN-097/P06/2003, pt. „**Identyfikacja i sposoby przeciwdziałania toksyczności i alergienności białek ważnych roślin uprawnych**”, którego koordynatorem była Pani prof. dr hab. Łucja Fornal (Załącznik 5 – 7.2). W ramach tego projektu brałam udział w badaniach cech fizycznych (wymiary i barwa) oraz frakcji białek, w tym głównie prolamin, ziarniaków zbóż (pszenica, owies, gryka) pochodzących z upraw prowadzonych w warunkach stresów abiotycznych i biotycznych oraz poddawanych obróbce hydrotermicznej i kiełkowaniu. Wyniki tych badań zostały opisane już po uzyskaniu przeze mnie stopnia doktora w 2 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.8, 2.10), rozdziale w książce (Załącznik 5 – 4.1) i rozdziale w monografii (Załącznik 5 – 4.2) oraz zaprezentowane na konferencjach krajowych (Załącznik 5 – 5.11, 5.12).

4.2.2 Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych

Praca w zespole Pani prof. dr hab. Danieli Rotkiewicz oraz w zespole Pani prof. dr hab. Łucji Fornal pozwoliła mi na wypracowanie własnego warsztatu badawczego oraz ukształtowanie zainteresowań badawczych, które skupiają się do chwili obecnej przede wszystkim wokół cech fizycznych i składu chemicznego dwóch rodzajów surowców: nasion oleistych i ziarna zbóż oraz otrzymywanych z nich produktów.

Ze względu na podejmowaną tematykę oraz kompleksowość i różnorodność metod analitycznych, wszystkie prace naukowo-badawcze realizowałam współpracując z innymi naukowcami, nie tylko z macierzystej Katedry, ale także z innych Wydziałów Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego (Wydział Nauk Technicznych, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa), z jednostek innych Uczelni (Katedra Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rolniczego w Rzeszowie, Zakład Roślin Rolniczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością Akademii Morskiej w Gdyni) oraz z Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach.

Realizowana po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych problematyka naukowo-badawcza obejmuje cztery główne zagadnienia:

- A) uwarunkowania jakości i stabilności olejów jadalnych,
- B) uwarunkowania jakości ziarna zbóż i produktów zbożowych oraz możliwości jej poprawy,
- C) wykorzystanie cyfrowej analizy obrazu do oceny jakości ziarna zbóż i nasion oleistych,
- D) ocena możliwości wykorzystania tłuszczów roślinnych do produkcji biodiesla.

Ad. A.

Problemowi jakości nasion oleistych i olejów jadalnych poświęciłam znaczną część, wchodzących w skład mojego dorobku naukowego, publikacji naukowych oraz doniesień prezentowanych na konferencjach naukowych.

W ramach tych badań zwróciłam uwagę na znaczący wpływ odmiany rzepaku oraz warunków przechowywania na skład i jakość tłuszczu nasion. Czynniki te mogą decydować zarówno o przydatności nasion rzepaku do przetwórstwa spożywczego, jak i stabilności otrzymywanego z nich oleju, co wykazane zostało już w pracach wchodzących w skład mojego **Osiągnięcia**. Uzyskane w innych pracach wyniki potwierdziły, że szczególne znaczenie ma zawartość produktów utlenienia lipidów oraz lipidów polarnych, w tym głównie fosfolipidów. Wyniki prezentowane były na konferencjach (*Załącznik 5 – 5.15, 5.16, 5.20, 5.21*), a ich szczegółowy opis zawarty został w publikacji w czasopiśmie z listy A MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 1.25*) i publikacji w czasopiśmie z listy B MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 2.34*)

W kolejnych badaniach, w których uczestniczyłam, dotyczących wpływu technologii wydobywania i oczyszczania oleju na jego jakość i stabilność, jako materiał badawczy posłużyły nasiona rzepaku, dyni oraz chia. W przeprowadzonych doświadczeniach wykazano, że warunki wydobywania oleju decydują o wartości żywieniowej olejów, wpływając na zawartość w nich składników biologicznie aktywnych. Prowadzone w tym zakresie badania wykazały, że olej dyniowy otrzymany przy zastosowaniu ekstrakcji wodno-enzymatycznej jest bogatszy, w porównaniu do oleju tłoczonego na zimno, w sterole, skwalen i tokoferole. W innych badaniach stwierdzono, że także zastosowanie ekstrakcji z użyciem dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym pozwala uzyskać olej dyniowy wzbogacony w te składniki. Wyniki badań, w których materiałem badawczym były nasiona dyni opisane zostały w publikacji w czasopiśmie z listy A MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 1.20*) oraz zaprezentowane na konferencji (*Załącznik 5 – 5.43*). Z kolei w badaniach z użyciem nasion chia stwierdzono, że najbardziej korzystną metodą otrzymywania oleju była klasyczna ekstrakcja acetonem. Ten rozpuszczalnik okazał się najskuteczniejszy w ekstrakcji składników bioaktywnych, zwłaszcza związków fenolowych i karotenoidów. Dodatkowo wykazano, że zawartość tych składników była wysoko skorelowana z czasem indukcji, co pozwala przypuszczać, że w największym stopniu decydują one

o trwałości oleju z nasion chia. Również wysokotemperaturowa obróbka nasion zastosowana przed wydobyciem oleju lub tłoczenie oleju w podwyższonej temperaturze może zwiększać zawartość związków fenolowych w oleju, co potwierdziłam w badaniach przeprowadzonych na nasionach rzepaku. Szczególnie ważnym było stwierdzenie, że wraz ze zwiększaniem temperatury obróbki nasion i/lub wydobycia oleju zwiększa się zawartość pochodnej kwasu sinapowego, ang. canolol. Wyniki badań olejów z nasion chia i rzepaku przedstawione zostały w publikacji w czasopiśmie z listy A MNiSW2016 (Załącznik 5 – 1.21) oraz zaprezentowane na konferencji (Załącznik 5 – 5.42). W badaniach dotyczących wstępnego oczyszczania oleju rzepakowego, stwierdzono, iż udział i profil fosfolipidów olejów hydratowanych istotnie zależał od warunków hydratacji, przy czym dawka wody była bardziej różnicującym czynnikiem niż temperatura hydratacji. Największy stopień usunięcia związków fosforu uzyskano, prowadząc hydratację 0,5% dodatkiem wody w temperaturze 70°C. Warunki hydratacji miały mniejszy wpływ na profil fosfolipidowy oraz skład kwasów tłuszczowych wydzielonych śluzów niż stopień ich usunięcia. Głównymi fosfolipidami śluzów, niezależnie od dodatku wody i temperatury hydratacji, były fosfatydylocholina i fosfatydyloinozytol, które stanowiły ok. 80%. Warunki hydratacji różnicowały jednak śluz pod względem składu kwasów tłuszczowych. Wyniki tych badań opisane zostały w publikacji w czasopiśmie z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.24) oraz zaprezentowane na konferencji (Załącznik 5 – 5.40).

Poprawa stabilności olejów stała się przedmiotem kolejnej grupy badań, w których uczestniczyłam. W pierwszych z nich do poprawy stabilności olejów wykorzystano przeciwutleniacze naturalnie występujące w surowcach roślinnych. Źródłem tych składników był olej z owoców rokitnika, który dodawano w różnej ilości do olejów tłoczonych na zimno: zmijowcowego, lnianego, dyniowego, amarantusowego, wiesiołkowego i ogórecznikowego. Wybrane do badań oleje, ze względu na dużą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, cechują się krótkim terminem do spożycia. Dodatek oleju rokitnikowego, który jest szczególnie bogaty w karotenoidy oraz sterole, zwiększał stabilność oksydacyjną otrzymanych blendów olejowych. Potwierdzał to mierzony przy użyciu aparatu Rancimat czas indukcji, który zwiększał się wraz z wielkością dodatku oleju rokitnikowego. Przy maksymalnym zastosowanym dodatku (15%) czas indukcji był dłuższy, w zależności od rodzaju oleju, o 21-32%. Opisane badania realizowałam, jako główny wykonawca, w ramach projektu nr N N312 466340, pt. „**Charakterystyka wybranych terpenoidów jako bioaktywnych substancji pochodzenia roślinnego oraz ich wykorzystanie do stabilizacji olejów**”, którego kierownikiem był Pan dr inż. Sylwester Czaplicki (Załącznik 5 – 7.5). A wyniki tych badań zostały zawarte w 2 publikacjach w czasopismach z listy A MNiSW2016 (Załącznik 5 – 1.7, 1.19)

i publikacji w czasopiśmie z listy B MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 2.36*) oraz zaprezentowane na konferencji (*Załącznik 5 – 5.38*). W innych badaniach stabilność olejów poprawiano przez zamykanie ich w mikrokapsułkach. W badaniach tych zastosowano dwie techniki mikrokapsułkowania: suszenie rozpyłowe oraz liofilizację. Wykazano, że zarówno w przypadku oleju dyniowego, jak i amarantusowego, bardziej skuteczne było suszenie rozpyłowe. Ta technika pozwalała otrzymać mikrokapsułki o mniejszych wymiarach i z mniejszą ilością tłuszczu powierzchniowego. Zauważono jednak, że techniki mikrokapsułkowania w niejednakowy sposób wpływały na straty składników bioaktywnych. Wielkość tych strat zależała zarówno od rodzaju składnika, jak i rodzaju oleju. Na przykład zawartość tokoferoli w liofilizowanym oleju amarantusowym była większa niż w suszonym rozpyłowo, natomiast w oleju dyniowym tendencja była odwrotna. Wpływ mikrokapsułkowania na stabilność i jakość olejów opisano szczegółowo w 2 publikacjach w czasopismach z listy A MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 1.22, 1.23*) i publikacji w czasopiśmie z listy B MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 2.41*) oraz zaprezentowano na konferencji (*Załącznik 5 – 5.45*).

Nie bez znaczenia dla jakości produktów olejarskich jest również producent i dystrybucja. Udowodniono to w badaniach przeprowadzonych na handlowych orzechach, konsumpcyjnych nasionach oleistych (sprzedawanych jako przekąska oraz wyizolowanych z chleba) oraz olejach. Wyniki tych badań przedstawiono w 2 publikacjach w czasopismach z listy A MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 1.14, 1.16*), 4 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 2.14, 2.15, 2.19, 2.20*) oraz zaprezentowano na 2 konferencjach (*Załącznik 5 – 5.24, 5.37*). Również na etapie przechowywania produktów tłuszczowych może dochodzić do pogorszenia ich jakości. W badaniach przeprowadzonych na oleju rzepakowym potwierdzono, że przechowywanie w temperaturze pokojowej znacząco przyspiesza, w porównaniu do przechowywania w lodówce, utlenianie nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wyniki tych badań opisane zostały w publikacji w czasopiśmie spoza listy MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 3.4*). Z kolei na konferencji międzynarodowej (*Załącznik 5 – 5.28*) zaprezentowane zostały wyniki badań, w których wykazano istotny wpływ promieniowania UV na stabilność oksydacyjną oleju wiesiołkowego.

Ad. B.

Kolejne moje zainteresowania naukowe koncentrują się wokół tematyki związanej ze składem chemicznym ziarna i produktów zbożowych. W badaniach z tego zakresu wyróżnić można dwa kierunki. Pierwszy dotyczy oceny zmienności zawartości białka i składników

bioaktywnych w ziarnie w zależności od technologii uprawy, w tym rodzaju i dawek nawożenia, sposobu ochrony roślin oraz terminu siewu.

Białka są ważnymi, z technologicznego punktu widzenia, składnikami ziarna, ponieważ w największym stopniu decydują o wartości wypiekowej mąki. Ich zawartość i profil badano w ziarnie pszenżyta nawożonego azotem w dwóch dawkach: 80 i 120 kg/ha, stosowanych na różnych etapach wzrostu roślin. W badaniach wykazano, że wyższa dawka azotu sprzyjała syntezie białek w ziarnie, głównie frakcji: albumin i globulin, ω gliadyn i LMW glutenin. Większe gromadzenie w ziarnie prolamin nie jest jednak pożądane w przypadku przeznaczenia ziarna pszenżyta do wypieku pieczywa. Zastosowanie mąki z takiego ziarna powoduje zwiększenie lepkości ciasta i jednocześnie zmniejszenie jego elastyczności. W innym doświadczeniu badano profil białek w ziarnie pszenicy chronionej tradycyjnie przez zastosowanie środków chemicznych (fungicydy: propikonazol, fluoksastrobina + protikonazol) oraz biologicznie przez zastosowanie izolatów bakteryjnych zawierających bakterie z rodzaju *Sphingomonas*. W badaniach wykazano, że zastosowanie zawiesiny komórek bakteryjnych hamowało, podobnie jak ochrona chemiczna, wzrost patogenów z rodzaju *Fusarium*, ale nie było skuteczne wobec drożdży oraz bakterii z rodzaju *Azotobacter*. Zaobserwowano tylko niewielki wpływ ochrony biologicznej na zawartość białek glutenowych. W ziarnie pszenicy chronionej w ten sposób było ich mniej o 8% niż w ziarnie kontrolnym (uprawa bez ochrony). Największe zmiany stwierdzono w przypadku frakcji α/β-gliadyn oraz glutenin HMW, ich zawartość zmniejszyła się o ok. 10% w porównaniu do ziarna kontrolnego. Mniejsze zmiany (do 7%) w profilu białkowym, w porównaniu z próbką bez ochrony, stwierdzono prowadząc badania na ziarnie pszenicy ozimej odmiany Bogatka chronionej biologicznie przez zastosowanie grzybów z rodzaju *Aureobasidium pullulans*, które wykazują hamujący wpływ w stosunku do mikroflory polowej i przechowalniczej z rodzaju *Fusarium*. Wykazano również, że ochrona biologiczna pszenicy przyczyniła się do nieznacznego zwiększenia (do 5%) zawartości takich składników bioaktywnych w ziarnie jak: tokole, alkilorezorcynole i sterole, ale większego, bo o 15%, zmniejszenia zawartości karotenoidów. Odwrotną tendencję w zawartości karotenoidów stwierdzono w badaniach przeprowadzonych na tej samej odmianie pszenicy, ale z uprawy w innym roku. Ziarno pszenicy chronionej biologicznie przy użyciu mieszaniny grzybów z rodzaju *Aureobasidium* oraz mieszaniny bakterii z rodzaju *Sphingomonas* cechowało się większą zawartością karotenoidów, ale mniejszą zawartością związków fenolowych. Największe zmiany zaobserwowano w przypadku takich grup związków fenolowych jak: flobafeny i proantocyjanidyny, najsilniej odpowiedzialnych za barwę okrywy owocowo-nasiennej ziarniaków.

Z kolei w badaniach, w których zastosowano nawozy mineralne (NPK) oraz nawozy organiczne, takie jak kompost, obornik i mączka mięsno-kostna oraz mączkę mięsno-kostną w połączeniu z efektywnymi mikroorganizmami badano zawartość takich składników bioaktywnych w ziarnie pszenicy jarej odmiany Tybalt jak: tokochromanole, karotenoidy i związki fenolowe. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że pomimo stosowania różnorodnych systemów nawożenia próbki ziarna nie różniły się znacząco pod względem zawartości tokochromanoli i karotenoidów. Ziarno z uprawy organicznej cechowało się większą ogólną zawartością związków fenolowych, ale było uboższe w kwasy fenolowe. W przypadku zastosowania efektywnych mikroorganizmów wykazano ich ujemny wpływ na ogólną zawartość tokochromanoli.

Lipofilne składniki bioaktywne oraz ich aktywność przeciwutleniająca były przedmiotem również badań próbek ziarna pszenicy (6 odmian), które różniły się terminem siewu (standardowy i opóźniony). Badania wykazały, że opóźniony termin siewu miał generalnie niewielki wpływ na zawartość steroli, karotenoidów, skwalenu i związków fenolowych w ziarnie (różnice nie większe niż 5%). Największe zmiany zaobserwowano dla α -tokoferolu, alkilorezorcynoli C17:0, C19:0 i C21:0 oraz kampesterolu (zmniejszenie zawartości o 8,0-12,4%). Natomiast aktywność przeciwutleniająca ekstraktów składników lipofilnych uzyskanych z ziarna przy użyciu nasyconego butanolu była zależna od odmiany i zastosowanego testu (test z rodnikiem DPPH, test Rancimat). Wykazano, że związki bioaktywne w ekstraktach z ziarna pszenicy z opóźnionego siewu generalnie słabiej wychwytywały rodnik DPPH, ale w większości przypadków silniej chroniły lipidy przed utlenianiem wydłużając czas indukcji oleju rzepakowego.

Wyniki opisanych badań przedstawiono w 4 publikacjach w czasopismach z listy A *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 1.9, 1.18, 1.24, 1.28), w 2 publikacjach w czasopismach spoza listy *MNiSW2016* (Załącznik 5 – 3.2, 3.3) oraz na konferencjach (Załącznik 5 – 5.31, 5.37).

Drugi kierunek prowadzonych w tym zakresie badań dotyczył poprawy wartości odżywczej i cech organoleptycznych produktów zbożowych. W tym przypadku zwrócono uwagę głównie na produkty otrzymywane z mąki jasnej (wyciągowej), bezglutenowej i kaszki kukurydzianej, które cechują się dużą zawartością skrobi, ale małą błonnika, składników mineralnych, jak również mniejszą ilością i biodostępnością składników bioaktywnych. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że dobrym źródłem karotenoidów, błonnika i składników mineralnych może być zmielony susz marchwiowy, który dodawano do pieczywa pszennego w ilości 5; 7,5 i 10% oraz do ciastek kruchych. Stwierdzono, że wszystkie dodatki

mogą być z dobrym skutkiem stosowane w piekarstwie, ponieważ nie pogarszają cech jakościowych produktu. W przypadku pieczywa najlepszy okazał się jednak 5% dodatek suszu z marchwi, który przyczynił się do zwiększenia wodochłonności ciasta o 8%, a gotowe pieczywo miało lepszą elastyczność miększu, większą o ok. 10% objętość i uzyskało znacznie wyższe noty w ocenie organoleptycznej niż pieczywo bez dodatków. Badano również możliwość wypiekania pieczywa z mąki pszennej wyciągowej oraz bezglutenowej z dodatkiem wysuszonych i zmielonych wyłoków jabłkowych (jako źródło błonnika), które dodawano w ilości 5, 10 i 15%. Wykazano, że nawet 10% dodatek wyłoków korzystnie wpływa na wydajność pieczywa i wilgotność miększu i tylko nieznacznie zmniejsza objętość bochenków. Pod względem organoleptycznym pieczywo z dodatkiem wyłoków zostało wysoko ocenione. W innych badaniach wyłoki owocowe z czarnej porzeczki, jarzębiny, róży i bzu czarnego zastosowano w celu wzbogacenia w składniki bioaktywne ciastek kruchych. Wyniki badań wskazały, że 20% dodatek wyłoków owocowych korzystnie wpływa na takie cechy organoleptyczne ciastek jak barwa, smak i zapach oraz wzbogaca je w witaminę C (wyłoki z owoców dzikiej róży i jarzębiny) i antocyjany (wyłoki z owoców czarnej porzeczki i czarnego bzu). Ponadto wyłoki owocowe zwiększały znacząco zawartość błonnika w ciastkach, zwłaszcza wyłoki z owoców dzikiej róży i czarnego bzu. Przeprowadzono również badania, w których do chrupiek kukurydzianych dodawano sproszkowaną spirulinę w ilości 1-8%. Uzyskane wyniki wskazały, że 8% dodatek pogarszał niektóre cechy chrupiek (mniejsze wymiary, niższe noty w ocenie sensorycznej, mniejsza chrupkość), ale znacząco poprawiał ich wartość odżywczą. Zawartość białka, popiołu, błonnika i β -karotenu w ekstrudatach z 8% dodatkiem spiruliny zwiększyła się odpowiednio o 34, 36, 140 i 1260%. Stwierdzono również, że cechy fizyczne i organoleptyczne chrupiek z dodatkiem spiruliny można poprawić wprowadzając 2% dodatek proszku do pieczenia. Ponadto dodatek ten wykazuje silne działanie ochronne na barwniki, chlorofile i karotenoidy, które podczas procesu ekstruzji ulegają degradacji. Innym sposobem zwiększania zawartości składników bioaktywnych w produktach piekarskim może być również zastępowanie mąki pszennej mąką gryczaną czy z żyta krzyca lub wprowadzanie nawet niewielkiego dodatku otrąb w przypadku pieczywa jasnego lub bezgliadynowego, o większej zawartości głównie związków fenolowych i błonnika. Wyniki badań nad możliwością poprawy wartości odżywczej zostały szczegółowo opisane w 2 publikacjach w czasopismach z listy A MNiSW2016 (Załącznik 5 – 1.17, 1.27) i w 2 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.9, 2.18) oraz zaprezentowane na konferencjach (Załącznik 5 – 5.25, 5.29, 5.46, 5.47, 5.48).

Innym sposobem poprawy wartości odżywczej pieczywa może być zwiększenie biodostępności składników bioaktywnych. W przeprowadzonych badaniach uwalnianie związków fenolowych zwiększano poprzez zastosowanie fermentacji mlekowej mąki (pszennej, żytniej) i otrąb oraz kiełkowanie ziarna. Stwierdzono, że tempo wzrostu zawartości wolnych związków fenolowych jest uzależnione od rodzaju procesu (fermentacja, kiełkowanie), a w przypadku fermentacji od rodzaju produktu zbożowego. Wykazano, że fermentacja zakwasów z mąki i otrąb spowodowała istotny wzrost zawartości wolnych związków fenolowych w pieczywie. Dla produktów żytnich ich ilość wzrosła ok. 5-krotnie, a dla pszennych ok. 2-krotnie już po pierwszych 12 godzinach fermentacji. Z kolei zmiany zawartości wolnych związków fenolowych podczas kiełkowania miały charakter liniowy i po 72 godzinach ich ilość wzrosła ponad 10-krotnie, osiągając ok. 80% wydajność rozpadu kompleksów polifenolowych. Łatwiejsze uwalnianie związków fenolowych (nawet o ok. 43%) podczas prowadzenia ciasta na zakwasie niż na drożdżach potwierdziły kolejne badania. Udowodniono, że uwalnianie kwasu ferulowego (dominującego kwasu fenolowego w ziarnie) było najintensywniejsze na etapie fermentacji ciasta. Z kolei na etapie wypieku pieczywa zaobserwowano tylko niewielkie zwiększenie zawartości tego związku w mięksiszu, natomiast zmniejszenie zawartości w skórce. Zaobserwowano również, że pieczywo otrzymywane metodą „na zakwasie”, oprócz większej ilości wolnych związków fenolowych, cechowało się większą zawartością rozpuszczalnych w metanolu białek i tokochromanoli, ale również produktów utlenienia lipidów. W przeprowadzonym teście Rancimat potwierdzono, że większa zawartość wolnych związków fenolowych w ekstraktach z pieczywa na zakwasie nie wydłużała czasu indukcji oleju rzepakowego. Wyniki te wskazały na brak działania ochronnego tych związków na lipidy pieczywa. W tym przypadku dobrym rozwiązaniem wydaje się wprowadzenie do pieczywa ziół i/lub przypraw. Skuteczność tych dodatków oceniono w badaniach na pieczywie suplementowanym zmielonymi nasionami lnu. W tym celu do ciasta pszennego z 5% udziałem nasion lnu dodawano 1% rozdrobnionych liści oregano, 1% rozdrobnionych liści bazylii lub 5% suszu z owoców papryki czerwonej. Stwierdzono, że wszystkie dodatki poprawiały cechy organoleptyczne pieczywa i hamowały procesy utleniania lipidów, ale najkorzystniej na jakość tłuszczu wpływał susz paprykowy, który w największym stopniu ograniczał przyrost zawartości nadtlenków oraz wtórnych produktów utleniania. Wyniki opisanych badań zawarte zostały w publikacji w czasopiśmie z listy A MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 1.10*), w 3 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (*Załącznik 5 – 2.11, 2.23, 2.30*) oraz zaprezentowane na konferencjach (*Załącznik 5 – 5.27*).

W badaniach z tego zakresu podjęto również próbę wypieku pieczywa z obniżoną ilością chlorku sodu, którego nadmiar w diecie prowadzi do poważnych konsekwencji zdrowotnych (m.in. do nadciśnienia tętniczego, miażdżycy, zaburzeń rytmu serca, większego wydalania wapnia z moczem, zwiększenia ryzyka występowania udarów mózgu i raka żołądka). W przeprowadzonych badaniach pieczywo otrzymywano z mąki pszennej i żytniej, zarówno wyciągowej jak i razowej. Ciasto prowadzono przy użyciu trzech metod: z udziałem drożdży, naturalnego zakwasu lub kultur starterowych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zmniejszenie dodanego chlorku sodu nie miało istotnego wpływu na wydajność pieczywa, podczas gdy miało znaczący i zmienny wpływ na objętość bochenka, a także na elastyczność i porowatość miękiszu. Wykazano, że pieczywo pszenne jasne może być otrzymywane nawet bez dodatku chlorku sodu, niezależnie od technologii prowadzenia ciasta, natomiast z mąki razowej dodatek chlorku sodu nie jest konieczny jeśli ciasto jest przygotowywane z udziałem naturalnego zakwasu lub kultur starterowych. Z kolei w pieczywie żytnim, zarówno z jasnej jak i razowej mąki, dodatek chlorku sodu może być obniżony do 1%. Wyniki tych badań opisane zostały w publikacji w czasopiśmie z *listy A MNiSW2016 (Załącznik 5 – 1.15)*.

Ad. C.

Moje zainteresowanie cyfrową analizą obrazu, jako przydatnym narzędziem w ocenie jakości żywności, wykorzystywałam już podczas realizacji pracy doktorskiej. Byłam jedną z pierwszych osób w kraju, która zastosowała tę technikę w badaniach jakości nasion rzepaku. W badaniach tych poszukiwałam związków pomiędzy barwą i wymiarami nasion a zawartością tokoferoli, barwników chlorofilowych i profilem lipidowym. Cyfrową analizę obrazu wykorzystywałam również w badaniach zmienności cech fizycznych nasion rzepaku z różnych pięter roślin, nasion amarantusa z różnych rejonów upraw oraz różnych lat zbiorów, a także nasion nowych odmian dyni Olga. Mierzyłam takie cechy geometryczne nasion jak: długość, szerokość, średnica, obwód, pole powierzchni rzutu oraz współczynniki kształtu (kolistość i wydłużenie). Z kolei w badaniach handlowych próbek kaszy gryczanej, oprócz cech geometrycznych, oceniałam również barwę wykorzystując do tego celu model HSI. Wyniki tych badań zostały zawarte w 3 publikacjach w czasopismach z *listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.16, 2.35, 2.40)* oraz zaprezentowane na konferencjach (*Załącznik 5 – 5.13, 5.19, 5.22, 5.26, 5.32*). Przeprowadzone badania pokazały, że zastosowana technika cyfrowej analizy obrazu jest szybkim i czułym narzędziem (umożliwia uzyskanie dokładnych ilościowych danych) w rozróżnianiu badanych próbek. Zastosowanie tej techniki w przemyśle rolno-spożywczym, w tym do oceny *on-line* (realizowane w sposób niedestrukcyjny w czasie rzeczywistym) może

zapewniać powtarzalność jakości na zaprojektowanym przez producenta i spodziewanym przez konsumenta poziomie.

Badania z zastosowaniem techniki cyfrowej analizy obrazu realizowałam również współuczestnicząc m.in. w dwóch projektach badawczych finansowanych przez MNiSW. Pierwszy projekt nt. „**Porównanie technik suszenia jęczmienia browarnego w aspekcie jego jakości słodowniczej**” kierowany był przez Pana prof. dr hab. Marka Markowskiego, natomiast drugi nt. „**Modelowanie zmian barwy ziarniaków pszenicy jednolitej odmianowo w funkcji wybranych składników chemicznych oraz twardości bielma**” przez Panią dr hab. inż. Iwonę Konopka. W obu tych projektach wykorzystywałam technikę cyfrowej analizy obrazu do oceny cech fizycznych ziarna, takich jak wymiary, kształt oraz barwa powierzchni (okrywy owocowo-nasiennej) i przekroju (bielma). Otrzymane tą techniką wyniki były korelowane ze składem chemicznym ziarna. W badaniach dotyczących ziarna jęczmienia browarnego oceniano wpływ metod suszenia (promieniami podczerwonymi i fontannowe) na takie cechy ziarna jak: wymiary, barwę, zawartość barwników, zdolność kiełkowania i jakość słodu. Wyniki wskazały, że suszenie, niezależnie od zastosowanej metody, prowadzi do zmian wymiarów ziarniaków. Zaobserwowano zwiększenie intensywności żółtości (wyższe wartości składowej b*) na powierzchni suszonego ziarna oraz jej spadek na przekroju. Na podstawie analizy korelacji pomiędzy badanymi cechami stwierdzono, że zmiany barwy ziarniaków związane były z rozkładem karotenoidów (barwa bielma) oraz związków fenolowych, w tym proantocyjanidyn (barwa okrywy owocowo-nasiennej). Z kolei w badaniach dotyczących ziarna pszenicy oceniano różnice w składzie chemicznym (zawartość i skład białek, obecność friabiliny, zawartość karotenoidów i związków fenolowych) i cechach fizycznych (gęstość, twardość, barwa) w zależności od wyglądu bielma (ziarniaki szkliste i mączyste). Stwierdzono, że ziarniaki szkliste cechowały się ciemniejszym bielmem, były nieco cięższe i twardsze. Cechy te korelowały z większą zawartością białka i związków fenolowych, oraz mniejszą zawartością karotenoidów. Wyniki opisanych badań zostały zawarte w 3 publikacjach w czasopiśmie z listy A MNiSW2016 (Załącznik 5 – 1.4, 1.5, 1.13).

Ad. D.

Moje uczestniczenie w badaniach dotyczących otrzymywania i jakości biodiesla wynikało z udziału w realizacji projektu badawczego rozwojowego Nr R12 071 03 nt. „**Efektywne systemy produkcji biomasy na gruntach rolniczych i jej konwersja do paliw ciekłych i gazowych**”, a następnie dalszej współpracy z pracownikami Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. W ramach projektu realizowałam badania w 2 zadaniach: Db

nt. „Opracowanie i wdrożenie sposobu przygotowania nasion i wydobywania oleju” oraz Dc nt. „Opracowanie i wdrożenie sposobu przeestryfikowania tłuszczu i oczyszczania estrów”.

W pierwszym etapie badań zrealizowanych w tym zakresie oceniono wpływ warunków ogrzewania (w różnych temperaturach 60-100°C i różnym czasie 30-90 min) nasion rzepaku, gorczycy, lnu i lnianki na wydajność tłoczenia i jakość olejów. Jakość olejów oceniono na podstawie wartości wyróżników, które mają wpływ na przebieg i wydajność przeestryfikowania oraz stabilność estrów, tj. zawartości wody i związków lotnych, zawartości barwników chlorofilowych i karotenoidów, zawartości fosforu, stopnia hydrolizy i stopnia utlenienia oraz składu kwasów tłuszczowych. Wykazano, iż wyższe temperatury ogrzewania nasion wpływały na zwiększenie wydajności tłoczenia, ale wraz ze wzrostem temperatury następowało pogorszenie jakości olejów, na co wskazał podwyższony stopień hydrolizy i utlenienia oraz zwiększona zawartość barwników chlorofilowych i fosforu. W przypadku nasion rzepaku i gorczycy za optymalną temperaturę tłoczenia uznano 70°C. Z kolei w przypadku nasion lnu i lnianki stwierdzono, iż ogrzewanie nasion w warunkach przemysłowych powinno być prowadzone w temperaturze 60°C. Natomiast czas ogrzewania nasion nie powinien być dłuższy niż 60 min. W kolejnych badaniach oceniono możliwość wykorzystania drobnych nasion rzepaku (frakcja nasion o średnicy < 1,6 mm), postrzeganych jako surowiec olejarski gorszej jakości, w produkcji biodiesla. Na podstawie wyników stwierdzono, że pomimo podwyższonych wartości niektórych wyróżników jakości, wykorzystanie do produkcji biodiesla oleju z tych nasion nie spowoduje większych zmian w technologii i nie zwiększy znacząco kosztów produkcji.

Podjęto również badania mające na celu ocenę możliwości wykorzystania do produkcji biodiesla olejów z nasion innych roślin, takich jak: ostropest plamisty, konopie, wiesiołek, amarantus, słonecznik, soja. Po przeprowadzeniu analiz fizykochemicznych olejów, w tym określeniu zawartości siarki, liczby kwasowej, lepkości w temperaturze 40°C, gęstości w temperaturze 15°C, stabilności oksydacyjnej i składu kwasów tłuszczowych, analizowane oleje poddano procesowi transestryfikacji. Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że niektóre oleje, ze względu na wysokie, znacznie przekraczając dopuszczalne wartości lepkości i gęstości, i zbyt małą stabilność oksydacyjną nie powinny być stosowane jako samodzielny komponent. Za ważny parametr decydujący o przydatności oleju do produkcji biodiesla uznano skład kwasów tłuszczowych, który w największym stopniu wpływa na cechy fizyczne i stabilność oleju.

W innych badaniach oceniono przydatność do produkcji biodiesla roślinnych tłuszczów posmażalniczych z punktów gastronomicznych, rzepakowych i palmowych. Wykazano,

że większość tłuszczów zawiera $<0,5\%$ FFA, czyli mieszczą się one w limitach ustalonych dla surowca poddanego transestryfikacji z zastosowaniem katalizy alkalicznej. Większość tłuszczów zawierała jednak $>20\%$ związków polarnych oraz dużo pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia, co wskazało na potrzebę ich oczyszczania przed przetwarzaniem na biodiesel. Do oczyszczania tych tłuszczów użyto różnych dawek pojedynczych adsorbentów: krzemionki syntetycznej, ziemi bielącej, węgla aktywnego i żelu krzemionkowego oraz ich mieszanin. Stwierdzono, że nadtlenki były usuwane w stopniu zależnym od rodzaju, ilości i proporcji adsorbentów w mieszaninach. Najwięcej, ponad 80% nadtlenków, usunęła ziemia bieląca oraz jej mieszanina z żelem krzemionkowym. Wtórne produkty utleniania były skutecznie usuwane przez wszystkie adsorbenty, natomiast związki polarne były efektywniej usuwane przez mieszaniny adsorbentów. W kolejnych badaniach wykazano, że do oczyszczania tłuszczu posmażalniczego można wykorzystać również ultradźwięki (37 kHz) przez 15-60 minut, w zależności od stopnia czystości tłuszczu.

Wyniki badań dotyczących sposobu przygotowania nasion i wydobywania oleju do produkcji biodiesla opisane zostały w 9 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.21, 2.22, 2.25, 2.26, 2.27, 2.38, 2.39, 2.42, 2.43), publikacji w czasopiśmie spoza listy MNiSW2016 (Załącznik 5 – 3.3) oraz zaprezentowane na konferencjach (Załącznik 5 – 5.17, 5.18).

W kolejnym etapie badań oceniano skuteczność transestryfikacji w zależności od metody i jakości oleju. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że metoda transestryfikacji nie ma znaczenia w przypadku użycia do produkcji biodiesla olejów charakteryzujących się dobrą jakością. Jeśli jednak oleje są silnie zanieczyszczone, należy wybrać odpowiednią technologię transestryfikacji, np. olej o dużej zawartości FFA powinien być poddawany transestryfikacji dwuetapowej, kwasowo-zasadowej. Otrzymane estry metylowe scharakteryzowano pod kątem lepkości kinematycznej w temperaturze 40°C , gęstości w temperaturze 15°C , zawartości FFA, zanieczyszczeń stałych i siarki, temperatury zapłonu, temperatury zatykania się zimnego filtra, oraz odporności na utlenianie. Wykazano, że większość parametrów estrów metylowych spełnia wymagania normy dla estrów metylowych kwasów tłuszczowych do użytku w silnikach samochodowych o zapłonie samoczynnym (Diesla) i zastosowań grzewczych. Jednak zawartość zanieczyszczeń i niska odporność na utlenianie dyskwalifikuje te estry do wykorzystania jako samodzielne paliwo. Dlatego też w innych badaniach estry metylowe z olejów rzepakowego, lniankowego i gorczycowego dodawano do oleju napędowego. Generalnie stwierdzono, iż dodanie biokomponentu w ilości do 15% nie wpływa istotnie na właściwości fizykochemiczne otrzymanego paliwa. Większy udział estrów metylowych w mieszance paliwowej, zwłaszcza

otrzymanych z tłuszczów posmażalniczych, pogarsza parametry paliwa, przede wszystkim obniża jego stabilność oksydacyjną oraz zwiększa temperaturę zapłonu. Wyniki tych badań szczegółowo opisane zostały w 3 publikacjach w czasopismach z listy B MNiSW2016 (Załącznik 5 – 2.31, 2.37, 2.44).

Niezależnie od opisanych powyżej zasadniczych kierunków badań ważnym elementem mojego rozwoju naukowego był współudział w badaniach dotyczących innych surowców roślinnych, m.in. charakterystyki frakcji białek nasion dyni (Załącznik 5 – 4.3), składu chemicznego marchwi (Załącznik 5 – 2.33), składników bioaktywnych owoców żurawiny (Załącznik 5 – 5.23, 5.33) i ziół (Załącznik 5 – 5.39), obecności mykotoksyn w żywności (Załącznik 5 – 5.41). W badaniach tych uczestniczyłam przede wszystkim w analizach chemicznych wykorzystując znajomość warsztatu analitycznego.

5. Wartość naukowa dorobku naukowo-badawczego

Mój całkowity dorobek naukowy (uzyskany do dnia 14.10.2017 r.) wg wykazu MNiSW z 9 grudnia 2016 r. wynosi 1264 punktów (w tym 202 punkty stanowią podstawę osiągnięcia, wskazanego do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego). Sumaryczny Impact Factor (IF) dla opublikowanych prac wg listy Journal Citation Reports (JCR) zgodny z rokiem opublikowania wynosi 42,276. Liczba cytowań wg bazy Web of Science wynosi 156 (w tym z pominięciem autocytowań 113). Indeks Hirscha wg bazy Web of Science wynosi 7.

Na mój dorobek naukowy składa się łącznie **130** pozycji, w tym:

- **28 publikacji** (w tym 25 po uzyskaniu stopnia doktora) w czasopismach z listy A wykazu MNiSW z 9 grudnia 2016 r.,
- **46 publikacje** (w tym 39 po uzyskaniu stopnia doktora) w czasopismach naukowych z listy B wykazu MNiSW z 9 grudnia 2016 r.,
- **4 publikacje** (w tym 3 po uzyskaniu stopnia doktora) w czasopismach naukowych nie wymienionych w wykazie MNiSW z 9 grudnia 2016 r.,
- **48 komunikatów naukowych** (7 na konferencjach międzynarodowych i 41 na konferencjach krajowych),
- **3** wygłoszone referaty,
- **1 rozdział w książce** w języku polskim i **2 rozdziały w monografii** w języku polskim.

W trakcie swojej pracy naukowo-badawczej byłam pięciokrotnie (w 2005, 2007, 2008, 2015 i 2016 roku) nagrodzona przez J.M. Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie za zespołowe osiągnięcia w dziedzinie naukowej.