

Dr Marzanna Hęś
Katedra Technologii Żywności Człowieka
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Załącznik 2

AUTOREFERAT

dotyczący działalności naukowo-badawczej



Poznań 2017

Marzanna Hęś

1. Imię i nazwisko: Marzanna Hęć

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- Magister chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 1993 r.
 - tytuł pracy magisterskiej: „Kinetyka i mechanizm reakcji 1,3,5-trinitrobenzenu (TNB) z makrocyclicznymi związkami w acetonitrylu”,
 - promotor: prof. dr hab. Grzegorz Schroeder.
- Doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia, Wydział Technologii Żywności (od 2005 r. Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu), Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu), 2004 r.
 - tytuł rozprawy doktorskiej: „Znaczenie naturalnych przeciwutleniaczy w przedłużaniu trwałości i obniżaniu strat wartości odżywczej białka w przechowywanych przetworach mięsnych”,
 - promotor: prof. dr hab. Józef Korczak.

3. Przebieg pracy zawodowej

- 08.1993 – 07.1995 nauczyciel, Szkoła podstawowa nr 1 w Słupcy
- 02.1996 – 08.2004 asystent w Katedrze Technologii Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności (od 2005 r. Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu), Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)
- 08.2004 – obecnie adiunkt w Katedrze Technologii Żywienia Człowieka, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

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. nr 65, poz. 595 z póź. zm.)

Osiągnięciem, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl pięciu monotematycznych prac (1 artykuł przeglądowy oraz 4 oryginalne prace twórcze) ujętych pod wspólnym tytułem:

„Interakcje aminokwasów i białek z produktami utleniania tłuszczu w produktach mięsnych i układach modelowych z dodatkiem naturalnych przeciwutleniaczy”

We wszystkich pracach jestem pierwszym autorem oraz autorem wskazanym do korespondencji.

- i. **Heś M.** (2017). Protein-Lipid Interactions in Different Meat Systems in the Presence of Natural Antioxidants – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(1), 5–17, DOI: 10.1515/pjfn-2016-0024

IF – 0,679; MNiSW – 15; LICZBA CYTOWAŃ – 0

- ii. **Heś M.**, Gliszczyńska-Świgło A., Gramza-Michałowska A. (2017). The effect of antioxidants on quantitative changes of lysine and methionine in linoleic acid emulsions at different pH conditions. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2017, DOI: 10.17306/J.AFS.2017.0455

IF – 0,0; MNiSW – 15; LICZBA CYTOWAŃ – 0

- iii. **Heś M.**, Gramza-Michałowska A. (2016). Effect of plant extracts on lipid oxidation and changes in nutritive value of protein in frozen-stored meat products. *Journal of Food Processing and Preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.12989

IF – 0,894; MNiSW – 20; LICZBA CYTOWAŃ – 0

- iv. **Heś M.**, Waszkowiak K., Szymandera-Buszk K. (2012). The effect of iodine salts on lipid oxidation and changes in nutritive value of protein stored processed meats. *Meat Science*, 92, 139–143

IF – 2,275; MNiSW – 35; LICZBA CYTOWAŃ – 7

- v. **Heś M.**, Jeżewska M., Szymandera-Buszk K., Gramza-Michałowska A. (2011). Wpływ dodatków przeciwutleniających na wybrane wskaźniki wartości odżywczej mięsa suszonego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(78), 94–106

IF – 0,155; MNiSW – 13; LICZBA CYTOWAŃ – 2

łącna punktacja 5 prac zgłoszonych do oceny w postępowaniu habilitacyjnym:

- **Sumaryczny IF – 4,003**
- **Punkty MNiSW – 98**
- **Suma cytowań – 9**

Punkty za publikacje naliczono zgodnie z komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych, z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach.

Mój wkład w w/w publikacje obejmuje: autorstwo hipotez i koncepcji badań, udział w wykonaniu doświadczeń oraz większości oznaczeń, analizę i opracowanie wyników, wnioskowanie, napisanie i redakcję manuskryptów (załączono oświadczenia współautorów).

4.2. Omówienie celu naukowego i uzyskanych wyników osiągnięcia

4.2.1. Wprowadzenie

Wśród szeregu znanych składników pożywienia, niezbędnych dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu, ważną rolę odgrywają białka. Jednym ze sposobów zapobiegania stratom i zabezpieczania racjonalnego wykorzystania białka w organizmie jest utrwalanie wysokobiałkowych produktów spożywczych. W większości przypadków produkty te zawierają również tłuszcz lub substancje tłuszczopodobne. Podczas przechowywania oraz przetwarzania produktów spożywczych zawierających tłuszcz, zwłaszcza bogaty w reszty kwasów wielonienasyconych, zachodzące w nim procesy utleniania są przyczyną powstania niekorzystnych cech organoleptycznych oraz obniżenia wartości odżywczej białka. Produkty utleniania tłuszczów wchodzą łatwo w interakcje z białkami dając odporne na działanie enzymów trawiennych kompleksy białkowo-tłuszczowe, co prowadzi do spadku przyswajalności aminokwasów (Viljanen 2005; Viljanen i in. 2004; Hęś i Korczak 2007). Dotyczy to zwłaszcza mięsa i innych surowców zwierzęcych, ponieważ są one cennym źródłem pełnowartościowego białka ze względu na występowanie w nich egzogennych aminokwasów (Duthie i in. 2013). Kinetykę interakcji białkowo-tłuszczowych warunkuje obecność w środowisku katalizatorów lub inhibitorów, pH środowiska i obecność wody. Bardzo duże znaczenie ma też III-rzędowa konformacja białka, ładunek powierzchniowy, powinowactwo i dostępność reaktywnych grup. Na intensywność tych oddziaływań wpływa również czas reakcji i temperatura. Reakcje mogą przebiegać z dużą szybkością w temperaturze pokojowej, a nawet w zakresie temperatur chłodniczych i zamrażalniczych (Viljanen 2005; Viljanen i in. 2004; Veberg i in. 2006; Hęś i Korczak 2007; Hęś i in. 2007; Santé-Lhoutellier i in. 2008). W przypadku przetworów mięsnych utlenianie białek może być dodatkowo inicjowane przez rozpad hemoglobiny i mioglobiny (Korczak 1996; Chelh i in.

2007). Zakres i intensywność interakcji białkowo-lipidowych w tych produktach znacząco wzrasta także podczas dodatku NaCl (O'Neil i in. 1999; Rhee i Ziprin 2001; Sallam i Samejima 2004; Sakai i in. 2004). Jony sodu mogą wypierać żelazo z makromolekuł, np. mioglobiny, dostarczając w ten sposób wolny jon żelaza będący katalizatorem reakcji oksydacji lipidów. Prooksydacyjne działanie chlorku sodu może również wynikać z zanieczyszczenia soli kuchennej śladami metali, szczególnie o zmiennej wartościowości, które działają katalitycznie w stosunku do lipidów. Ponadto sól wykazuje zdolność do zmniejszania aktywności enzymów przeciwutleniających (O'Neil i in. 1999; Salminen i in. 2006). Czynnikiem utleniającym jest także jodek lub jodan potasu obecne w soli spożywczej (Stoś i in. 2007). Jodowanie soli to najbardziej naturalny i powszechny sposób zapobiegania niedoborom jodu, jednocześnie nadmiar soli w diecie może prowadzić do rozwoju nadciśnienia tętniczego i miażdżycy. Rekomendowane ograniczanie spożycia głównego nośnika jodu może więc spowodować znaczne obniżenie efektywności profilaktyki jodowej (Szybiński 2010). Konieczne jest więc propagowanie zwiększenia w diecie udziału innych nośników jodu. Rozważa się możliwość wykorzystania preparatów wysokobiałkowych oraz błonnikowych, co zwiększy spożywanie jodu z innych źródeł niż sól kuchenna. Dodatkowo warto dogłębnie przeanalizować efektywność zastosowania tych preparatów jako dodatków o funkcji ochronnej wobec soli jodu i lipidów (Saura-Calixto 1998; Saura-Calixto 2003; Peña-Ramos i Xiong 2003).

Konsekwencje interakcji białkowo-tłuszczowych można rozpatrywać w aspekcie wartości odżywczej oraz funkcjonalnej białek. Znaczenie żywieniowe interakcji białek z utlenionymi lipidami sprowadza się do obniżenia zawartości lub dostępności egzogennych aminokwasów oraz zmniejszenia podatności białka na działanie enzymów proteolitycznych (Morzel i in. 2006; Santé-Lhoutellier i in. 2008). Oddziaływania białkowo-lipidowe w istotny sposób wpływają również na właściwości funkcjonalne utlenianego białka, a tym samym na jakość produktu, która najczęściej się pogarsza. Usieciowane białka mięsa mają mniejszą wodochłonność, mniejsza jest też ich podatność na działanie enzymów proteolitycznych, przez co trudniej jest uzyskać pożądaną kruchość i odpowiednie właściwości reologiczne produktu (Ganhão i in. 2010; Villaverde i in. 2014). Obecność produktów interakcji białkowo-tłuszczowych może prowadzić także do zmiany profilu smakowo-zapachowego produktu. Szczególny wpływ na zmiany właściwości sensorycznych mają niektóre produkty kondensacji wtórnych produktów oksydacji lipidów i białek, zwłaszcza wielkocząsteczkowe związki

barwne o właściwościach zbliżonych do produktów reakcji Maillarda (Adams i in. 2009; Estévez 2011).

Tylko nieliczne źródła literaturowe poruszają tematykę wpływu produktów utleniania lipidów na zmiany wartości odżywczej białka. Większość badań dotyczących utleniania białek opiera się na ocenie przyrostu zawartości karbonylowych pochodnych, jako produktów interakcji białkowo-lipidowych oraz niehemowego żelaza, którego obecność może być wynikiem oksydacyjnego rozpadu mioglobiny (Huang i in. 2013; Jung i in. 2013; Jongberg i in. 2013). Wynika to z faktu, iż pochodne karbonylowe są łatwiej mierzalne, pozwalają oszacować zakres oddziaływań białkowo-lipidowych, a ich obecność jest następstwem reakcji białek z produktami oksydacji lipidowej. Stopień utleniania białek oceniany jest zatem najczęściej przez pomiar przyrostu stężenia produktów, a nie poprzez ubytek substratów, którymi są aminokwasy. W fizjologii żywienia zasadnicze znaczenie mają straty lizyny i aminokwasów zawierających siarkę, ponieważ są to aminokwasy egzogenne i jednocześnie ograniczające wartość odżywczą białka większości produktów i posiłków stosowanych w żywieniu oraz są czułe na działanie produktów utleniania lipidów. Różne aminokwasy charakteryzują się odmienną wartością pH punktu izoelektrycznego. Wykazują więc zróżnicowaną reaktywność, wynikającą z możliwości występowania w formie jonu obojnego, bądź odpowiednio po zakwaszeniu lub zalkalizowaniu roztworu aminokwasu, w formie kationu i anionu. Konieczne jest więc zbadanie, czy dobór odpowiedniego odczynu środowiska może stanowić podstawę ograniczenia udziału aminokwasów w interakcjach z utlenionymi tłuszczami. Wobec stosunkowo małej ilości prowadzonych prac z zakresu kompleksów białkowo-lipidowych, istotne mogą być również informacje, w jakim stopniu dodatek przeciwutleniaczy, ograniczając proces przemian oksydacyjnych i powstawanie produktów utleniania lipidów, może wpływać na blokowanie reaktywnych miejsc łańcucha polipeptydowego. Na aktywność przeciwutleniaczy wpływają procesy technologiczne, którym poddawane są produkty spożywcze, w tym także obróbka kulinarna potraw. Mogą one prowadzić zarówno do zwiększenia aktywności przeciwutleniaczy, jak i do ich destrukcji. Poznanie tego wpływu umożliwi przewidywanie rzeczywistej efektywności działania przeciwutleniaczy w gotowych wyrobach spożywczych. Z uwagi na bezpieczeństwo zdrowotne żywności i wysoką zawartość związków czynnych w surowcach roślinnych, coraz częściej wykorzystuje się naturalne dodatki przeciwutleniające, pozyskiwane m.in. z herbaty, kawy, ziół i roślin przyprawowych (Gramza i Korczak 2005; Shahidi i Zhong 2010). Poszukuje

się odpowiednich form ich zastosowania, m.in. w przetworach mięsnych o różnym stopniu przetworzenia, w celu uzyskania jak największej skuteczności w hamowaniu utleniania lipidów i kształtowania wartości odżywczej ich białka. Dostępna literatura nie zawiera opracowań dotyczących wykorzystania preparatów błonnikowych i białkowych jako nośników soli jodu oraz ich wpływu na zmiany frakcji lipidowej, a także dostępność aminokwasów oraz strawność białka w przechowywanych produktach mięsnych. Dlatego też zaplanowano i wykonano kilkietapowe badania, których rezultaty pozwolą na poznanie skali wzajemnych oddziaływań aminokwasów i białek z lipidami w obecności przeciwutleniaczy, co staje się koniecznością do polepszania jakości przetwarzanej żywności i wynika ze wzrostu wymagań żywieniowo-zdrowotnych stawianych gotowym produktom.

4.2.2. Cel badań

Celem badań realizowanych w ramach prezentowanego osiągnięcia naukowego była ocena aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z wybranych przypraw i zielonej herbaty oraz ich wpływ na kształtowanie wartości odżywczej białka produktów mięsnych i aminokwasowo-lipidowe interakcje w układach modelowych. Oceniono również, czy zastosowanie preparatów wysokobiałkowych oraz błonnikowych jako nośników jodu, może wykazywać właściwości ochronne wobec soli jodu i ograniczać procesy utleniania lipidów, a poprzez to wpływać na zmniejszenie strat ilościowych dostępnej lizyny i metioniny oraz strawności białka w przechowywanych produktach mięsnych.

Szczegółowe cele pracy to:

1. analiza czynników mogących determinować reakcje aminokwasów z produktami utleniania tłuszczu, ich konsekwencji żywieniowych i technologicznych oraz możliwości wykorzystania naturalnych substancji przeciwutleniających, które poprzez zmniejszanie ilości produktów utleniania tłuszczu, mogą kształtować jednocześnie wartość odżywczą żywności;
2. izolacja i ilościowa analiza związków fenolowych z tymianku i rozmarynu oraz zielonej herbaty, a także ocena stabilności oksydacyjnej zemulgowanego kwasu linolowego oraz zmian ilościowych lizyny i metioniny w inkubowanych układach emulsyjnych o zróżnicowanym odczynie środowiska z dodatkiem przeciwutleniaczy;

3. ocena wpływu ekstraktów z tymianku i rozmarynu oraz zielonej herbaty na zmiany frakcji lipidowej, a także dostępność lizyny i metioniny oraz strawność białka w kotletach wieprzowych przechowywanych w warunkach zamrażalniczych;
4. ocena wykorzystania preparatów błonnikowych i wysokobiałkowych jako nośników jodu na zmiany frakcji lipidowej, a także dostępność lizyny i metioniny oraz strawność białka w pulpetach wieprzowych przechowywanych w warunkach zamrażalniczych;
5. określenie wpływu dodatku ekstraktów z tymianku i rozmarynu oraz zielonej herbaty na stabilność oksydacyjną oraz zmniejszanie strat wartości odżywczej mięsa liofilizowanego przechowywanego w temperaturze pokojowej.

Omówienie osiągniętych wyników badań wraz z opisem ich ewentualnego wykorzystania.

Ad. 1. Analiza czynników mogących determinować reakcje aminokwasów z produktami utleniania tłuszczu, ich konsekwencji żywieniowych i technologicznych oraz możliwości wykorzystania naturalnych substancji przeciwutleniających, które poprzez zmniejszenie ilości produktów utleniania tłuszczu, mogą kształtować jednocześnie wartość odżywczą żywności.

Publikacja:

Hęś M. (2017). *Protein-Lipid Interactions in Different Meat Systems in the Presence of Natural Antioxidants – a Review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2017, 67(1), 5–17, DOI: 10.1515/pjfn-2016-0024.*

W pracy przedstawiłam niektóre aspekty wzajemnego oddziaływania tłuszczów i białek oraz ich konsekwencje żywieniowe i technologiczne. Zwróciłam uwagę na zmiany zawartości aminokwasów i strawności białek, tworzenie się wiązań sieciujących, powstawanie związków smakowo-zapachowych oraz barwnych produktów nieenzymatycznego brunatnienia. Omówiłam również czynniki mogące determinować reakcje aminokwasów z produktami utleniania tłuszczu. Przedstawiłam propozycję ograniczania tych interakcji przez wprowadzanie do produktów przeciwutleniaczy. Wyniki wielu badań dowodzą, że jedną z najskuteczniejszych metod ograniczających utlenianie tłuszczu jest dodatek substancji przeciwutleniających, szczególnie skutecznych i bezpiecznych naturalnych dodatków. W publikacji zwrócono uwagę na możliwości jednoczesnego ich wykorzystania do

kształtowania wartości odżywczej białek żywności. W badaniach celowości stosowania naturalnych przeciwutleniaczy ten dodatkowy efekt był dotychczas pomijany. Białka są natomiast wyjątkowo podatne na utlenianie ze względu na dużą powierzchnię kontaktu ze środowiskiem, charakter amfifilowy oraz obecność wolnych reszt aminokwasów. Z tych samych powodów łatwo wchodzi w reakcje zarówno z pierwotnymi, jak i wtórnymi produktami utleniania tłuszczu oraz substancjami nietłuszczowymi, które oddziałują na proteiny na wszystkich etapach utleniania. Rzuca to nowe światło na celowość stosowania przeciwutleniaczy w technologii żywności i daje podstawę do szerokiego wprowadzania do praktyki żywieniowej nowych produktów spożywczych, bogatych lub wzbogaconych w naturalne przeciwutleniacze. Wśród tych produktów powinno znaleźć się mięso i przetwory mięsne, które są źródłem białka o wysokiej wartości biologicznej, ale jednocześnie mają stosunkowo wysoką zawartość tłuszczu, więc interakcje białkowo-lipidowe mogą przebiegać w nich w sposób łatwy i powodować wyjątkowo negatywne skutki. Dlatego w kolejnych pracach podjęłam badania, które miały na celu ocenę wpływu naturalnych przeciwutleniaczy na interakcje aminokwasów i białek z produktami utleniania tłuszczu w przetworach mięsnych oraz układach modelowych zawierających zemulgowany kwas linolowy z dodatkiem wybranych aminokwasów.

Ad. 2. Izolacja i ilościowa analiza związków fenolowych z tymianku i rozmarynu oraz zielonej herbaty, a także ocena stabilności oksydacyjnej zemulgowanego kwasu linolowego oraz zmian ilościowych lizyny i metioniny w inkubowanych układach emulsyjnych o zróżnicowanym odczynie środowiska z dodatkiem przeciwutleniaczy.

Publikacja:

Heś M., Gliszczyńska-Świgło A., Gramza-Michałowska A. (2017). The effect of antioxidants on quantitative changes of lysine and methionine in linoleic acid emulsions at different pH conditions. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 2017, DOI: 10.17306/J.AFS.2017.0455.

W pierwszym etapie badań oznaczono zawartość poszczególnych związków fenolowych oraz polifenoli ogółem w ekstrakcie z zielonej herbaty, tymianku i rozmarynu. Rozdział i identyfikacja kwasów fenolowych i flawonoidów obecnych w ekstraktach zostały wykonane metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC), natomiast całkowitą zawartość związków fenolowych w badanych ekstraktach oznaczono z wykorzystaniem odczynnika Folin-Ciocalteu's (FCR). Ekstrakty oraz BHT (dla celów porównawczych) zastosowałam do

ograniczenia zmian oksydacyjnych zemulgowanego kwasu linolowego. Do emulsji, oprócz przeciwutleniaczy, wprowadziłam także aminokwasy – lizynę i metioninę. W inkubowanych próbach okresowo badałam stopień utlenienia zemulgowanego kwasu linolowego za pomocą pomiaru pierwotnych (wodoronadtlenki) i wtórnych produktów utlenienia (TBARS) oraz zmiany ilościowe lizyny i metioniny. Badania prowadziłam w układach o zróżnicowanym odczynie środowiska – pH punktów izoelektrycznych aminokwasów oraz pH poniżej tych punktów.

Spośród badanych ekstraktów najwyższą zawartością polifenoli ogółem charakteryzował się ekstrakt z zielonej herbaty (430,96 mg/g), następnie tymianku (174,32 mg/g) i rozmarynu (158,51 mg/g). W ekstraktach z tymianku i rozmarynu zidentyfikowano kwasy fenolowe oraz flawonoidy (głównie flawanony i flawony). Wśród kwasów fenolowych w obu ekstraktach dominował kwas rozmarynowy. Spośród terpenów w ekstrakcie z tymianku zidentyfikowano tymol. W ekstrakcie z zielonej herbaty określono zawartość wybranych katechin, kwasu galusowego i kawowego oraz flawonoli: rutyny, kwercetyny i mirycetyny. Dodatkowo analizowano zawartość kofeiny. W ekstrakcie spośród katechin dominował EGCG (galusan epigalokatechiny), nie wykryto natomiast GC (galokatechiny), EGC (epigalokatechiny) oraz katechiny.

Mieszanina aminokwasów i ekstraktów roślinnych hamowała powstawanie pierwotnych i wtórnych produktów utleniania zemulgowanego kwasu linolowego bardziej niż dodatek samych ekstraktów. Produkty utleniania kwasu linolowego miały istotny wpływ na obniżenie zawartości badanych aminokwasów. W końcowym okresie inkubacji obniżenie zawartości lizyny i metioniny w próbach bez dodatku przeciwutleniaczy było mniejsze w ich punktach izoelektrycznych niż poniżej tych punktów. Przeciwutleniacze zmniejszały straty aminokwasów. Ich właściwości ochronne w stosunku do metioniny były wyższe w pH punktu izoelektrycznego, natomiast w stosunku do lizyny w pH poniżej tego punktu. Nie stwierdziłam zatem jednoznacznego wpływu pH na zmiany zawartości aminokwasów w układach z dodatkiem przeciwutleniaczy.

Otrzymane wyniki poddałam analizie statystycznej pod kątem wystąpienia korelacji pomiędzy produktami utleniania kwasu linolowego a zawartością metioniny i lizyny. W emulsji o pH 5,74 i pH 4,2 wysoka ujemna korelacja występuje pomiędzy nadtlenkami i TBARS a zawartością metioniny w próbach bez dodatku przeciwutleniaczy (odpowiednio $r = -0,83$ i $r = -0,98$ dla pH 5,74; $r = -0,85$ i $r = -0,88$ dla pH 4.2). Istotną ujemną zależność

między TBARS a zawartością metioniny stwierdzono w emulsjach, które inkubowano z dodatkiem przeciwutleniaczy naturalnych. Nie wykazano zależności korelacyjnych w przypadku wpływu nadtlenków na zawartość metioniny w próbie z dodatkiem BHT oraz ekstraktu herbaty ($r = -0,01$ i $r = -0,24$). Analiza statystyczna wyników wykazała niską reaktywność nadtlenków i TBARS wobec lizyny. Istniejącą zależność stwierdziłam jedynie pomiędzy zawartością aminokwasu w próbie kontrolnej (emulsja o pH 5,74) oraz w próbie z dodatkiem ekstraktu herbaty (emulsja o pH 9,6) a zawartością nadtlenków (odpowiednio $r = -0,82$ i $r = -0,81$). Wyznaczone zależności korelacyjne potwierdzają również reaktywność wtórnych produktów utlenienia wobec lizyny w układzie o pH 5,74 (próba z dodatkiem samej lizyny, $r = -0,75$) i pH 9,6 (próba z dodatkiem lizyny i BHT, $r = -0,66$).

Ekstrakty z zielonej herbaty, tymianku i rozmarynu wykazują działanie antyoksydacyjne w emulsji kwasu linolowego. Należy jednak uwzględnić, że uzyskiwany efekt przeciwutleniający ekstraktów zależy od obecności lub braku aminokwasów oraz odczynu środowiska. Osiągnięciem aplikacyjnym przeprowadzonych badań było wskazanie, że przeciwutleniacze można stosować również do hamowania zmian ilościowych aminokwasów w emulsjach lipidowych. Ponadto, że zmiany ilościowe aminokwasów w emulsjach bez dodatku przeciwutleniaczy są mniejsze w ich punktach izoelektrycznych niż poniżej tych punktów. Uzyskane przeze mnie wyniki uzasadniają celowość dalszych badań umożliwiających dokładne wyjaśnienie wpływu pH na reakcje utlenionych tłuszczów z aminokwasami w obecności przeciwutleniaczy.

Ad. 3. Ocena wpływu ekstraktów z tymianku i rozmarynu oraz zielonej herbaty na zmiany frakcji lipidowej, a także dostępność lizyny i metioniny oraz strawność białka w kotletach wieprzowych przechowywanych w warunkach zamrażalniczych.

Publikacja:

Heś M., Gramza-Michałowska A. (2016). *Effect of plant extracts on lipid oxidation and changes in nutritive value of protein in frozen-stored meat products. Journal of Food Processing and Preservation, DOI: 10.1111/jfpp.12989.*

Podczas badania interakcji pomiędzy produktami utlenienia lipidów a aminokwasami w układzie emulsyjnym wykazałam zależności, które są niezwykle ważne w technologii żywności zawierającej białka, szczególnie w technologii produkcji przetworów mięsnych. Wartość odżywczą białek mięsa determinuje nie tylko skład ilościowy i jakościowy

aminokwasów, lecz także ich podatność na hydrolizę enzymami trawiennymi, dlatego w dalszej pracy podjęłam badania dotyczące wpływu przeciwutleniaczy (ekstrakt z zielonej herbaty, tymianku i rozmarynu oraz BHT) na dostępność lizyny i metioniny oraz strawność białka w przechowywanym w warunkach zamrażalniczych produkcie mięsnym smażonym (kotletach).

Kotlety przygotowano z zakupionego w handlu detalicznym mięsa wieprzowego (karkówki). W gotowym wyrobie przeprowadziłam analizę składu podstawowego oraz wyróżników określających stopień utlenienia tłuszczu i wartości odżywczej białka. Wyróżniki tłuszczowe i białkowe badano także po 60, 120 i 180 dniach przechowywania zamrażalniczego kotletów. Zmiany oksydacyjne lipidów analizowałam w oparciu o liczbę nadtlenkową oznaczaną jodometrycznie oraz zawartość substancji dających reakcję barwną z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS), oznaczanych metodą destylacyjną. Wartość odżywczą białka oceniłam przez określenie zmian zawartości przyswajalnej lizyny i metioniny, oznaczanych kolorymetrycznie oraz strawności *in vitro*.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały hamujący wpływ przeciwutleniaczy na postęp reakcji autooksydacji lipidów w badanych przetworach mięsnych. Skuteczność działania poszczególnych przeciwutleniaczy była wyraźnie zróżnicowana. Przez cały okres przechowywania największą aktywność antyoksydacyjną wykazywał BHT. W próbie z jego dodatkiem po 180 dniach przechowywania zawartość nadtlenków i TBARS była odpowiednio prawie 3- i 4-krotnie mniejsza niż w próbie bez dodatków (kontrolnej). Wśród przeciwutleniaczy naturalnych wysoką aktywnością charakteryzował się ekstrakt zielonej herbaty. W końcowym okresie przechowywania wartość liczby nadtlenkowej i TBARS w próbach z tym dodatkiem kształtowała się na poziomie ok. 2- i 3-krotnie niższym w porównaniu do próby kontrolnej. Niższą aktywnością spośród zastosowanych przeciwutleniaczy charakteryzowały się ekstrakt rozmarynu i tymianku, jednak i one miały istotny wpływ na obniżenie zawartości produktów utlenienia tłuszczu.

W czasie przechowywania kotletów stwierdziłam obniżenie w nich zawartości dostępnej lizyny i metioniny oraz strawności białka. W końcowym okresie przechowywania najlepsze właściwości ochronne wobec lizyny wykazywał ekstrakt z rozmarynu oraz syntetyczny przeciwutleniacz BHT. Straty aminokwasu z dodatkiem tych przeciwutleniaczy sięgały ok. 26%. Większe straty dostępnej lizyny, które wynosiły ok. 30% i 37%, obserwowałam odpowiednio w próbie z dodatkiem ekstraktu tymianku i próbie kontrolnej. Wartość

odżywczą białek kotletów oceniłam także na podstawie zawartości dostępnej metioniny. Straty ilościowe tego aminokwasu w czasie przechowywania były najmniejsze w próbie z dodatkiem BHT, ekstraktu rozmarynu oraz tymianku i wynosiły, w stosunku do wartości początkowej, odpowiednio ok. 17% i 18%. W końcowym okresie przechowywania największe obniżenie zawartości dostępnej metioniny zaobserwowałam w próbie kontrolnej, w której straty aminokwasu kształtowały się na poziomie 26%.

Podczas zamrażalniczego przechowywania zaobserwowałam obniżenie strawności białka *in vitro* badanych kotletów mielonych. W końcowym okresie przechowywania strawność prób bez dodatku przeciwutleniaczy zmniejszyła się o 25,4% w porównaniu z próbami bezpośrednio po przygotowaniu. Przeciwutleniacze ograniczyły spadek strawności białka kotletów. Najlepsze właściwości ochronne wykazywał ekstrakt rozmarynu, którego dodatek ograniczył zmiany strawności do 13%.

Uzyskane wyniki wskazują więc, że stosowanie przeciwutleniaczy może umożliwić dostarczenie konsumentom bezpiecznych produktów mięsnych o przedłużonej trwałości i wyższej wartości odżywczej białka.

Ad. 4. Ocena wykorzystania preparatów błonnikowych i wysokobiałkowych jako nośników jodu na zmiany frakcji lipidowej, a także dostępność lizyny i metioniny oraz strawność białka w pulpetach wieprzowych przechowywanych w warunkach zamrażalniczych.

Publikacja:

Heś M., Waszkowiak K., Szymandera-Buszka K. (2012). The effect of iodine salts on lipid oxidation and changes in nutritive value of protein stored processed meats. Meat Science, 92, 139-143.

Kierując się panującymi zaleceniami ograniczania spożycia soli, która jest nośnikiem jodu, podjęłam badania dotyczące wykorzystania preparatów błonnikowych i wysokobiałkowych jako nośników soli jodu w produkcji wyrobów mięsnych. Ponieważ preparaty te mogą wpływać na zmiany frakcji lipidowej produktów mięsnych, postanowiłam zbadać, czy ich obecność w produktach mięsnych może zwiększać dostępność aminokwasów i strawność białka. Publikacje naukowe dostarczają informacji, że na interakcje lipidowo-białkowe oraz aktywność przeciwutleniaczy może mieć wpływ obróbka kulinarna potraw. Dlatego w kolejnym etapie badań wykorzystałam produkt mięsny gotowany w parze (pulpety). Pulpety, podobnie jak kotlety, przygotowano z mięsa wieprzowego (karkówki) z dodatkiem preparatów impregnowanych jodkiem lub jodanem potasu (KI lub KIO₃). W doświadczeniu

wykorzystano 3 rodzaje nośników soli jodu, a mianowicie: sól kuchenną, preparat błonnika pszennego Vitacel 400 oraz izolat białka soi. Pulpety z dodatkiem soli niejodowanej stanowiły próbę kontrolną w przeprowadzonych badaniach. Stężenie i ilość roztworów jodku oraz jodanu potasu służących do impregnacji zostały tak dobrane, aby zawartość jodu naniesionego na preparaty odpowiadała ilości jodu znajdującego się w dostępnej na polskim rynku jodowanej soli kuchennej, tj. 3,0 mg KI/100g lub 3,9 mg KIO₃/100g. Sól kuchenną jodowano jodkiem potasu metodą na mokro przy użyciu roztworu o stężeniu 0,3g KI/100cm³. Tak przygotowany roztwór w ilości 10 cm³ KI/1kg soli kuchennej rozpylono na powierzchni soli za pomocą rozpylacza, podczas ciągłego mieszania przy użyciu homogenizatora. Po zakończeniu procesu jodowania, nośniki poddano liofilizacji.

W gotowym wyrobie przeprowadzono analizę składu podstawowego oraz wyróżników określających stopień utlenienia tłuszczu, a także wartość odżywczą białka bezpośrednio po przygotowaniu prób oraz po 60, 105 i 150 dniach przechowywania zamrażalniczego. Zmiany oksydacyjne lipidów analizowałam podobnie jak w przypadku kotletów okresowo, w oparciu o liczbę nadtlenkową oraz zawartość substancji dających reakcję barwną z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS). Wartość odżywczą białka charakteryzowałam przez określenie zmian zawartości przyswajalnej lizyny i metioniny oraz strawności *in vitro*.

Uzyskane wyniki nie wykazały jednoznacznie katalizującego wpływu soli jodu na postęp reakcji autooksydacji lipidów w przechowywanych przetworach mięsnych. Różnice w wartości wyróżników określających stopień utlenienia lipidów pomiędzy próbkami z dodatkiem soli jodowanej i niejodowanej były nieistotne. Wprowadzenie izolatu białka soi oraz preparatu błonnika pszennego, jako nośników soli jodu, wpłynęło na hamowanie procesów oksydacji lipidów w pulpetach. W czasie przechowywania badanych prób stwierdziłam obniżenie zawartości dostępnej lizyny i metioniny oraz strawności białka. Zastosowanie preparatu błonnika pszennego, jako nośnika soli jodu miało istotny wpływ na zmniejszenie strat ilościowych dostępnej lizyny. Nie wykazałam jednak właściwości ochronnych preparatu błonnika pszennego oraz izolatu białka soi wobec metioniny. Przedstawione w publikacji wyniki badań wykazały pozytywny wpływ nośników błonnikowych i wysokobiałkowych na frakcję lipidową produktów mięsnych i okazały się bardzo obiecującymi dodatkami wpływającymi na zachowanie większej wartości odżywczej białka tych produktów.

Ad. 5. Określenie wpływu dodatku ekstraktów z przypraw oraz zielonej herbaty na stabilność oksydacyjną oraz zmniejszanie strat wartości odżywczej mięsa liofilizowanego przechowywanego w temperaturze pokojowej.

Publikacja:

Heś M., Jeżewska M., Szymandera-Buszka K., Gramza-Michałowska A. (2011). Wpływ dodatków przeciwutleniających na wybrane wskaźniki wartości odżywczej mięsa suszonego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5(78), 94-106.

Liofilizacja jest skuteczną metodą przedłużania trwałości surowców, a jeśli proces jest odpowiednio prowadzony, pozwala również na zachowanie wysokiej jakości, zarówno surowców, jak i przygotowywanych z nich potraw gotowych. Samo suszenie nie gwarantuje jednak pełnej trwałości produktu, ponieważ pozwala zahamować rozwój mikroorganizmów, ale nie zatrzymuje reakcji jętczenia oksydacyjnego tłuszczu w przechowywanych suszach. Porowata struktura produktów liofilizowanych stanowi duży problem w trakcie przechowywania, ponieważ zwiększa powierzchnię kontaktu fazy stałej z tlenem. Pory wypełnione są powietrzem, a tlen łatwo dyfunduje do wnętrza struktur, przez co oksydacja tłuszczu zachodzi w całej objętości. Dlatego kolejnym etapem pracy były badania wpływu przeciwutleniaczy na stabilność oksydacyjną i zmniejszanie strat wartości odżywczej mięsa suszonego. Stopień utleniania tłuszczu przechowywanego mięsa określałam na podstawie zmian zawartości pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia (nadtlenków i TBARS), natomiast wartość odżywczą na podstawie zawartości tiaminy oraz aminokwasów egzogennych – lizyny i metioniny.

Zmiany zawartości wskaźników utleniania tłuszczu w poszczególnych próbach w całym okresie przechowywania nie wykazywały stałej tendencji wzrostowej lub spadkowej, co świadczy o dynamicznym przebiegu procesów oksydacyjnych. Zastosowane dodatki nie hamowały powstawania pierwotnych produktów utleniania tłuszczu (nadtlenki i wodoronadtlenki), a ekstrakt tymianku wykazywał silne właściwości prooksydacyjne. W próbach z dodatkiem tymianku stwierdziłam najwyższą wartość liczby nadtlenkowej już w początkowym okresie, tuż po przygotowaniu. Oznaczona ilość pierwotnych produktów utleniania była ponad dwukrotnie większa w stosunku do próby kontrolnej i nawet trzykrotnie większa w porównaniu z próbami z pozostałymi dodatkami. Przeciwutleniające działanie wszystkich dodatków obserwowałam w stosunku do wtórnych produktów oksydacji, oznaczanych jako TBARS. Przez cały okres badań ich zawartość była istotnie mniejsza

w próbach z dodatkami w porównaniu z próbą kontrolną. Najwyższą aktywność antyoksydacyjną wykazywały ekstrakty z herbaty i tymianku. W końcowym okresie przechowywania zawartość TBARS oznaczona w mięsie z tymi dodatkami była odpowiednio 6- i 3-krotnie mniejsza w porównaniu z próbą kontrolną. W próbach z BHT i ekstraktem rozmarynu zawartość wtórnych produktów utleniania była o ponad 25% mniejsza w porównaniu z próbą bez dodatków.

Żaden z dodatków nie wykazywał działania ochronnego w stosunku do aminokwasów egzogennych. W próbach z dodatkiem ekstraktu rozmarynu zaobserwowałam największe straty dostępnej lizyny, które wynosiły ok. 51%. Największy spadek zawartości dostępnej metioniny, w wysokości około 41%, stwierdziłam w próbach z ekstraktem tymianku. Działanie ochronne przeciwutleniaczy zaobserwowałam natomiast w stosunku do tiaminy. W próbach z dodatkiem BHT i ekstraktu rozmarynu stwierdziłam istotnie mniejsze straty witaminy w porównaniu z próbą kontrolną.

W przyjętych warunkach doświadczenia zahamowanie utleniania lipidów mięsa liofilizowanego okazało się trudne. Porowata struktura produktu, warunkująca dużą powierzchnię kontaktu makrocząsteczek z tlenem oraz tlenowe warunki przechowywania sprawiły, że żaden z zastosowanych dodatków nie działał przeciwutleniająco na etapie tworzenia i gromadzenia pierwotnych produktów oksydacji. Dodatkowo istotny problem stanowiły, zarejestrowane na tym etapie przemian, prooksydacyjne właściwości ekstraktów tymianku i herbaty. Zarówno ekstrakty roślinne, jak i syntetyczny BHT, zastosowany jako przeciwutleniacz referencyjny o udowodnionej wysokiej aktywności antyoksydacyjnej, pozwoliły istotnie ograniczyć tworzenie wtórnych produktów utleniania tłuszczu podczas całego okresu przechowywania mięsa liofilizowanego. Nie udało się udowodnić ochronnego działania przeciwutleniaczy na wybrane aminokwasy mięsa, stwierdzono natomiast największą retencję tiaminy w próbach z dodatkiem BHT oraz ekstraktu rozmarynu.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki mają zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny. Do głównych osiągnięć przeprowadzonych przeze mnie badań należą:

- stwierdzenie, że rodzaj obróbki termicznej i warunki przechowywania rozdrobnionego mięsa wieprzowego istotnie wpływają na zmiany frakcji lipidowej i białkowej;

- stwierdzenie, że produkty utlenienia tłuszczu podczas przechowywania przetworów z rozdrobnionego mięsa wieprzowego wykazują destrukcyjny wpływ na zawartość dostępnych form lizyny i metioniny oraz zmniejszają strawność białek *in vitro*;
- wykazanie, że stosowanie naturalnych przeciwutleniaczy w istotny sposób zmniejsza straty ilościowe lizyny i metioniny oraz hamuje obniżenie strawności białka *in vitro* w mrożonych przetworach mięsnych, co umożliwia dostarczenie konsumentom produktów mięsnych o przedłużonej trwałości i wyższej wartości odżywczej białka;
- stwierdzenie, że dodatek przeciwutleniaczy do liofilizowanego mięsa nie gwarantuje pełnej trwałości oksydacyjnej i zachowania wartości odżywczej białka, natomiast może zwiększać retencję tiaminy;
- stwierdzenie, że sole jodu na nośniku błonnikowym i białkowym nie mają jednoznacznie katalizującego wpływu na postęp reakcji autooksydacji lipidów w przechowywanych przetworach mięsnych gotowanych. Wykazanie, że zastosowanie preparatu błonnika pszennego i izolatu białka soi jako nośników tych soli w produktach mięsnych ma ochronny wpływ na frakcję lipidową, zmiany strawności białka *in vitro* oraz zmiany ilościowe dostępnej lizyny;
- wykazanie, że zastosowane przeciwutleniacze ograniczając powstawanie produktów tworzących się podczas utleniania zemulgowanego kwasu linolowego, zmniejszają straty ilościowe lizyny i metioniny;
- udowodnienie, że odczyn środowiska może wpływać na zmiany we frakcji lipidowej;
- udowodnienie istnienia zależności pomiędzy reaktywnością aminokwasów a produktami utlenienia lipidów w zależności od odczynu środowiska, co jest istotne dla praktyki przetwarzania mięsa oraz przechowywania chłodniczego i zamrażalniczego przetworów mięsnych.

Wykaz cytowanej literatury:

1. Adams A., Kitryte V., Venskutonis R., De Kimpe N., Formation and characterization of melanoidin-like polycondensation products from amino acids and lipid oxidation products. *Food Chem.*, 2009, 115, 904-911.
2. Chelh I., Gatellier P., Santé-Lhoutellier V., Characterization of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. *Meat Sci.*, 2007, 76, 210-215.
3. Duthie G., Campbell F., Bestwick Ch., Stephen S., Russell W. Antioxidant effectiveness of vegetable powders on the lipid and protein oxidative stability of cooked turkey meat patties: implications for health. *Nutrients*, 2013, 5(4), 1241-1252.
4. Estévez M., Protein carbonyls in meat systems: a review. *Meat Sci.*, 2011, 89, 259-279.

5. Ganhão R., Morcuende D., Estévez M., Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Sci.*, 2010, 85, 402-409.
6. Gramza A., Korczak J., 2005. Tea constituents (*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems. *Trends Food Sci. Technol.*, 2005, 16, 351-358.
7. Heś M., Korczak J., Gramza A., Changes of lipid oxidation degrees and their influence on protein nutritive value of frozen meat products. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, 3, 323-328.
8. Heś M., Korczak J., Wpływ produktów utlenienia lipidów na wartość odżywczą białka. *Nauka Przyr. Technol.*, 2007, 1, 1-4.
9. Huang L., Xiong Y.L., Kong B., Huang X., Li, J., Influence of storage temperature and duration on lipid and protein oxidation and flavour changes in frozen pork dumpling filler. *Meat Sci.* 2013, 95, 295-301.
10. Jongberg S., Tørrngren M.A., Gunvig A., Skibsted L.H., Lund M.N., Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork. *Meat Sci.* 2013, 93, 538-546.
11. Jung S., Nam K.Ch., Ahn D.U., Kim H.J., Jo Ch., Effect of phosvitin on lipid and protein oxidation in ground beef treated with high hydrostatic pressure. *Meat Sci.* 2013, 95, 8-13.
12. Korczak J., Procesy zachodzące podczas przechowywania tłuszczów. W: Prawda o tłuszczach – pod red. J. Gawęckiego. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 1996, s. 45-50.
13. Morzel M., Gatellier P.H., Sayd T., Rennerre M., Laville E., Chemical oxidation in decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle proteins. *Meat Sci.*, 2006, 73, 536-543.
14. O'Neil I.A., Isolation and chromatographic purification of reaction products from alpha-amino acids. In G.C. Barrett (Ed.), *Amino acid derivatives*, 1999, pp. 253-259. Oxford: Oxford University Press.
15. Peña-Ramos E.A., Xiong Y.L., Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Sci.*, 2003, 64, 259-263.
16. Rhee K.S., Ziprin Y.A., Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. *Meat Sci.*, 2001, 57, 105-112.
17. Sakai T., Munasinghe D.M.S., Kashimura M., Sugamoto K., Kawahara S., Effect of NaCl on lipid peroxidation-derived aldehyde, 4-hydroxy-2-nonenal formation in minced pork and beef. *Meat Sci.*, 2004, 66, 789-792.
18. Sallam K.I., Samejima K., Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie/LWT-Food Science and Technology*, 2004, 37, 865-871.
19. Salminen H., Estévez M., Kivikari R., Heinonen M., Inhibition of protein and lipid oxidation by rapeseed, camelina and soy meal in cooked pork meat patties. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, 223: 461-468.
20. Santé-Lhoutellier V., Engel E., Aubry L., Gatellier P., Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and in vitro digestibility. *Meat Sci.*, 2008, 79, 777-783.
21. Saura-Calixto F., Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potential food ingredient. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, 46, 4303-4306.
22. Saura-Calixto F., Antioxidant dietary fibre. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 2(1), 1-4.
23. Shahidi F., Zhong Y., Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 2010, 112, 930-940.
24. Stoś K., Szponar L, Bogusz W., Suplementy diety jako źródło składników o działaniu odżywczym i innym fizjologicznym. *Żyw. Człow. Metabol.*, 2007, 34, 1036-1040.
25. Szybiński Z., Iodine-deficiency prophylaxis and the restriction of salt consumption — A 21st century challenge. *Polish Journal of Endocrinology*, 2010, 61(1), 135-140.
26. Veberg A., Vogt G., Wold J.P., Fluorescence in aldehyde model systems related to lipid oxidation. *LWT*, 2006, 39, 562-570.

27. Viljanen K., Kivikari R., Heinonen M., Protein-lipid interactions during liposome oxidation with added anthocyanin and other phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, 52, 1104–1111.
28. Viljanen K., Protein oxidation and protein-lipid interactions in different food models in the presence of berry phenolics (dissertation). Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki, 2005.
29. Villaverde A., Ventanas J., Estévez M., Nitrite promotes protein carbonylation and Strecker aldehyde formation in experimental fermented sausages: are both events connected? *Meat Sci.*, 2014, 98, 665-672.

4.3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

4.3.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych

Początek mojej pracy badawczej był związany z realizacją pracy magisterskiej w Zakładzie Chemii Ogólnej Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, gdzie pod kierunkiem Prof. dr hab. Grzegorza Schroedera prowadziłam badania dotyczące eterów koronowych – związków charakteryzujących się kompleksotwórczymi właściwościami przede wszystkim w stosunku do pierwiastków pierwszej grupy układu okresowego. W pracy magisterskiej pt. „Kinetyka i mechanizm reakcji 1,3,5-trinitrobenzenu (TNB) z makrocyklicznymi związkami w acetonitrylu” ustaliłam produkty reakcji TNB ze związkami makrocyklicznymi i uzyskane rezultaty porównałam z wynikami dla innych zasad azotowych. Wyznaczyłam stałe szybkości reakcji oraz stałą równowagi i zaproponowałam mechanizm reakcji TNB z kryptandami w acetonitrylu. Uzyskane wyniki opublikowano w czasopiśmie *ACH-Models in Chemistry* (A.1.1.). Po ukończeniu studiów pracowałam w szkole podstawowej jako nauczyciel chemii i matematyki. W lutym 1996 roku rozpoczęłam pracę w Katedrze Technologii Żywności Człowieka (KTŻCz) Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu na stanowisku asystenta. Podjęłam prowadzone w Katedrze badania dotyczące pozyskiwania z różnych źródeł naturalnych przeciwutleniaczy oraz oceny ich aktywności w układach modelowych i naturalnych. Efekty mojej pracy przedstawiono w publikacjach naukowych (A.2.1, A.2.2, A.2.3, A.2.4, A.2.5, A.2.6, A.2.7, A.2.8, A.2.9.), pracach konferencyjnych (A.3.1., A.3.2., A.3.3.) oraz doniesieniach konferencyjnych (A.4.1., A.4.2., A.4.3., A.4.4., A.4.5., A.4.6., A.4.7., A.4.8., A.4.9., A.4.10., A.4.11., A.4.13., A.4.14., A.4.16.). W 1999 roku wygłosiłam referat pt. „Nowoczesne instrumentalne metody badania stabilności tłuszczów i aktywności przeciwutleniaczy” podczas IV Sesji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ „Nowoczesne metody eksperymentalne w badaniach żywności” (A.5.1.). Wraz z zespołem z KTŻCz prowadziłam

badania dotyczące zdolności błonnika przetworów zbożowych do adsorpcji kwasów żółciowych i cholesterolu oraz jakości różnych gatunków herbat (A.4.17., A.4.18.).

W 2001 roku podjęłam Niestacjonarne Studia Doktoranckie przy Wydziale Technologii Żywności. Rozpoczęłam badania dotyczące stabilności emulsji tłuszczowych w zależności od odczynu środowiska oraz efektywności naturalnych przeciwutleniaczy w przechowywanych produktach mięsnych. Analizowałam również wpływ stopnia utlenienia lipidów na dostępność lizyny. Uzyskane wyniki przedstawiałam w komunikatach konferencyjnych (A.4.12., A.4.15.). Badania rozszerzone o oznaczanie zawartości dostępnej metioniny i strawności białka prowadziłam w produktach z mięsa wieprzowego oraz z mięsa makreli, a także w kiełbasie typu „polska surowa”. Prowadziłam również badania autooksydacji zemulgowanych substratów tłuszczowych o różnym stopniu nienasycenia w zależności od odczynu środowiska, dodatku przeciwutleniacza (BHT) i katalizatora (Fell). W badanych układach analizowałam zmiany zawartość dostępnej lizyny i metioniny na podstawie wartości współczynnika nachylenia krzywej (Wsp.a/24 h) oraz czasu, w którym zawartość aminokwasów zmniejszyła się o połowę (TIC₅₀). Stwierdziłam, że BHT w istotny sposób hamował straty lizyny i metioniny. Współczynniki zmienności wskazały istotnie większe ($p < 0,001$) obniżenie zawartości aminokwasów w czasie 24-godzinne przechowywania emulsji zawierających żelazo, niż w próbach z dodatkiem jedynie lizyny czy też metioniny. Również TIC₅₀ w tych próbach był krótszy niż w próbach bez dodatku żelaza. Badania te były częściowo realizowane w ramach projektu badawczego zamawianego nr PBZ-KBN/020/P06/1999 pt. „Podstawy metodyczne kompleksowego wartościowania jakości i bezpieczeństwa żywności nowej generacji – wykorzystanie metod chemometrycznych do kompleksowej oceny jakości żywności wzbogaconej w przeciwutleniacze naturalne” (A.6.1.). Pracę doktorską pt. „Znaczenie naturalnych przeciwutleniaczy w przedłużaniu trwałości i obniżaniu strat wartości odżywczej białka w przechowywanych przetworach mięsnych” przygotowałam pod opieką Prof. dr hab. Józefa Korczaka i obroniłam ją w 2004 roku. W trakcie studiów doktoranckich i pracy na stanowisku asystenta brałam aktywny udział w przygotowywaniu i prowadzeniu zajęć ze studentami z takich przedmiotów jak: Towaroznawstwo spożywcze, Technologia produkcji potraw, Przemysłowa produkcja potraw, Produkcja żywności dietetycznej i funkcjonalnej, zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych.

4.3.2. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych

Pracując w Katedrze Technologii Żywności Człowieka wykorzystałam doświadczenie zdobyte na studiach do prowadzenia badań w laboratorium chemicznym oraz skupiłam się na zdobywaniu doświadczenia zawodowego z zakresu analityki żywności. Przyczyniło się to do wypracowania własnego warsztatu badawczego oraz ukształtowania zainteresowań naukowych, wśród których można wyodrębnić cztery główne obszary:

1. Analiza i możliwości wykorzystania różnych surowców jako źródeł związków bioaktywnych w produktach spożywczych. Ocena zawartości związków fenolowych i aktywności przeciwutleniającej preparatów pozyskanych z surowców roślinnych.
2. Wpływ procesów technologicznych na zawartość i właściwości składników bioaktywnych w produktach zbożowych i mięsnych.
3. Analiza profilu sensorycznego produktów wzbogaconych w substancje bioaktywne oraz postaw konsumentów wobec tego rodzaju produktów.
4. Badania dotyczące oddziaływań białkowo-lipidowych w układach modelowych i naturalnych w obecności przeciwutleniaczy.

Ad.1.

W ramach badań statutowych prowadzonych w KTŻCz pod kierunkiem Prof. dr hab. Józefa Korczaka wykonywałam badania dotyczące wykorzystania różnych surowców jako źródła związków bioaktywnych: nasion roślin oleistych, przypraw, herbaty, morwy, kakao, soku z brzozy, kaszy jęczmiennej i gryczanej, łuski i otrębów gryczanych oraz pałki wodnej w produktach żywnościowych. Prowadziłam również badania oceny jakości herbat, odżywek dla dzieci, produktów smażonych oraz żywności o obniżonej zawartości tłuszczu (B.2.2., B.2.25., B.5.3., B.5.5., B.6.33.). Wykonywałam ponadto badania dotyczące aktywności przeciwutleniającej hydrolizatów białkowych, otrzymanych na bazie śruty rzepakowej. Hydrolizaty scharakteryzowałam pod względem zawartości azotu ogólnego, azotu α -aminowego, soli, polifenoli, popiołu, suchej masy, składników mineralnych i cukrów prostych. Aktywność przeciwutleniająca została oszacowana w oparciu o metody zmiatania rodnika DPPH, zdolność chelatowania jonów metali i siłę redukującą oraz z wykorzystaniem

testów przyspieszonych (Oxidograph, Rancimat) i metody spektrofotometrycznej. Badania właściwości przeciwutleniających przeprowadziłam w oleju rzepakowym i smalcu wieprzowym oraz w emulsji kwasu linolowego. Stwierdziłam, że otrzymane hydrolizaty białkowe śruty rzepakowej wykazują dobre właściwości przeciwutleniające, które są skorelowane z poziomem zawartych w nich produktów reakcji Maillarda oraz polifenoli. Warunki hydrolizy kwasowej mają wpływ na aktywność przeciwutleniającą hydrolizatów, lepsze właściwości przeciwutleniające wykazują hydrolizaty otrzymane w wyniku krótszego czasu hydrolizy (B.2.6., B.2.13., B.4.1., B.6.1., B.6.11.). Kolejne badania dotyczyły oceny właściwości przeciwutleniających ekstraktu etanolowego zielonej herbaty, który poddano różnym procesom oczyszczania: za pomocą węgla aktywnego, ziemi bielącej, mieszaniny wody, acetonu i kwasu octowego, przed i po uprzednim odtłuszczeniu próby heksanem. W otrzymanych ekstraktach oznaczono zawartość polifenoli ogółem oraz zdolność neutralizowania rodnika DPPH. Największą zawartością związków fenolowych charakteryzował się ekstrakt oczyszczony z użyciem ziemi bielącej, natomiast najmniejszą – z wykorzystaniem mieszaniny rozpuszczalników. W układach z wolnym rodnikiem DPPH największe zdolności neutralizowania tego rodnika stwierdzono dla prób oczyszczonych z użyciem mieszaniny rozpuszczalników, pozostałe próby wykazywały zbliżoną aktywność. W dalszym etapie badań określiłam aktywność przeciwutleniającą ekstraktów w układzie zemulgowanego kwasu linolowego, gdzie najwyższym współczynnikiem ochronnym, a tym samym największą aktywnością przeciwutleniającą, charakteryzował się ekstrakt oczyszczony za pomocą węgla aktywnego oraz mieszaniny rozpuszczalników. Na podstawie badań stwierdzono, że procesy oczyszczania ekstraktów roślinnych przyczyniły się do zmniejszenia zawartości polifenoli ogółem, jednakże bez obniżenia ich aktywności przeciwutleniającej. W kolejnym okresie kontynuowałam badania nad porównaniem aktywności przeciwutleniającej ekstraktów różnych herbat w układzie zemulgowanego kwasu linolowego. Do badań wykorzystałam ekstrakty wodne i etanolowe herbaty białej, zielonej, żółtej, czerwonej i czarnej. Celem wyznaczenia najaktywniejszego ekstraktu analizowano różne stężenia. Stabilność emulsji kwasu linolowego oznaczono testem na zawartość dienów skoniugowanych kwasu linolowego. Wyniki badań wskazały na zróżnicowaną aktywność ekstraktów herbat zależną od ich stężenia w układzie. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą, porównywalną z BHT i ekstraktem rozmarynu, cechował się etanolowy ekstrakt herbaty żółtej (B.2.19., B.2.20., B.6.14., B.6.35., B.6.36., B.6.40., B.6.47.). Wykazano

także wpływ jonów żelaza(II) i odczynu środowiska na aktywność ekstraktów z herbaty (B.2.4., B.2.7., B.4.2., B.4.6., B.6.6.) oraz korelację pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą a zawartością polifenoli (B.1.3.). W ramach swojej pracy naukowej prowadziłam również badania oceny ogólnej zawartości związków polifenolowych oraz aktywności przeciwutleniającej ekstraktów wodnych i otrzymanych z użyciem octanu etylu, dostępnych na rynku detalicznym wybranych prób kakao. Badania wykazały, że ekstrakty wodne kakao zawierały około 30-krotnie więcej polifenoli i cechowały się wyższą aktywnością przeciwrodnikową w porównaniu z ekstraktami otrzymanymi przy użyciu octanu etylu. Aktywność ta była skorelowana z zawartością związków fenolowych. Uczestniczyłam również w badaniach oceny aktywności przeciwutleniającej ekstraktów przypraw i pałki wodnej. Wykazałam dużą aktywność tych ekstraktów, zarówno w układach modelowych beztłuszczowych, jak i zawierających tłuszcz zemulgowany oraz tłuszcz w masie (B.1.8., B.2.21., B.2.36., B.5.1., B.5.2., B.6.23., B.6.41., B.6.42., B.6.43., B.6.44.). Współpracowałam także z RiLZD (Rolnicze i Leśne Zakłady Doświadczalne) Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, gdzie zajmowałam się badaniami właściwości przeciwrodnikowych i przeciwutleniających soku z brzozy pobranego w Arboretum Zielonka oraz zakupionego w handlu marki Oskoła (B.9.6.). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdziłam, że ogólna zawartość związków fenolowych w analizowanych sokach z brzozy była na niskim poziomie. W sokach pochodzących z Puszczy Zielonka zawartość ta zależała od terminu ich zbioru. Im późniejszy czas zbioru soku, tym mniejsza w nich zawartość związków fenolowych. Największą całkowitą zawartością związków fenolowych charakteryzował się sok zakupiony w handlu „Oskoła”. Przebadane soki charakteryzowały się niską aktywnością przeciwrodnikową i przeciwutleniającą. Najwyższą zdolnością neutralizowania rodnika DPPH charakteryzował się sok „Oskoła”. W ramach realizowanych badań w KTŻCz uczestniczyłam w badaniach dotyczących oceny zawartości oraz właściwości funkcjonalnych wybranych składników bioaktywnych w różnych produktach spożywczych. Materiałem do badań była m.in. kasza gryczana prażona, która cechowała się wysoką zawartością neutralnego detergentowego błonnika pokarmowego (NDF) i błonnika pokarmowego całkowitego (TDF), odpowiednio 5,63 i 8,4%. Frakcją występującą w największej ilości była frakcja hemicelulozowa (3,42%). Poziom frakcji błonnika nierozpuszczalnego (IDF) był znacznie wyższy (5,94%) niż frakcji błonnika rozpuszczalnego (SDF) (2,46%). Zawartość tiaminy w kaszy gryczanej kształtowała się na poziomie 0,519 mg/100 g produktu, a całkowita zawartość

związków fenolowych wyekstrahowanych z kaszy gryczanej wynosiła 30,592 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Ekstrakt etanolowy kaszy gryczanej cechował się wysoką zdolnością wygaszania rodników DPPH (80,8%) oraz wykazywał dużą zdolność do hamowania autooksydacji kwasu linolowego ($W_o = 0,86$). Spośród właściwości funkcjonalnych błonnika badano m.in. zdolność wiązania kwasów żółciowych (B.1.2., B.1.9., B.2.22., B.4.5.). W latach 2010-2015 uczestniczyłam w projekcie, który realizowany był w ramach funduszy strukturalnych POIG nr: 01.01.02-00-061/09, pt. „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych”, (kierownik – prof. dr hab. Józef Korczak) (B.9.5.). W ramach projektu prowadziłam badania dotyczące analizy właściwości przeciwutleniających ekstraktów z gryki. Określiłam aktywność przeciwutleniającą ekstraktów z produktów ubocznych, powstałych podczas przerobu gryki na kasze, tj. otrębach oraz łusce gryczanej odmiany Kora. Ekstrakcję prowadziłam przy użyciu acetonu, metanolu oraz wody w temperaturze pokojowej, przez 24 godziny. Poziom związków fenolowych oznaczyłam spektrofotometrycznie z odczynnikiem Folina-Ciocalteu, stosując jako wzorzec (+)katechinę. Aktywność antyoksydacyjną ekstraktów badałam wobec kwasu linolowego, metodą neutralizowania trwałych rodników DPPH oraz na podstawie zdolności chelatowania metali. Uzyskane wyniki porównałam z aktywnością BHT. Największą zawartość polifenoli oznaczyłam w metanolowym ekstrakcie łuski (168,5 mg/g s.m.), który charakteryzował się też najlepszymi właściwościami przeciworodnikowymi. Najniższą zawartością związków fenolowych ogółem charakteryzowały się ekstrakty wodne otrąb po śrutowaniu oraz otrąb końcowych, odpowiednio 20,3 mg/g s.m. i 10,2 mg/g s.m. W układzie emulsyjnym największą aktywnością cechowały się metanolowe ekstrakty łuski i otrąb po śrutowaniu ($W_o = 0,89$) oraz ekstrakt otrąb końcowych ($W_o = 0,85$). Stwierdzono większą zdolność chelatowania jonów Fe (II) przez ekstrakty otrąb (76,1% po śrutowaniu, 62,2% końcowe) niż ekstrakty łuski (26%). Ekstrakty z gryki wykazywały słaby efekt stabilizujący w stosunku do oleju rzepakowego w warunkach testu Oxidograph. Przeprowadzone badania wykazały również, że zdolność do zatrzymywania wody (WHC) i zdolność do wymiany kationów (CEC) oraz absorpcja oleju przez błonnik pokarmowy ziarniaka gryki i produktów gryczanych zależą od rodzaju produktu, a ponadto na wartości WHC wpływ wywierał również rodzaj zastosowanego procesu technologicznego. Największą wodochłonnością cechowała się łuska gryczana otrzymana w warunkach laboratoryjnych, podczas gdy najmniejszą ziarniak gryki i kasza cała otrzymane w warunkach procesu przemysłowego. Łuska gryczana, niezależnie od

zastosowanego procesu, charakteryzowała się największą zdolnością do wymiany kationów (od 31,6 mEq do 42,7 mEq/g produktu), podczas gdy kasza łamana najmniejszą (od 2,2 mEq do 3,0 mEq/g produktu). Zdolność do absorpcji oleju zależała od rodzaju produktu i sposobu produkcji kaszy gryczanej. Spośród przebadanych produktów najwięcej oleju wiązała łuska gryczana (B.2.32., B.2.37., B.6.19., B.6.32.).

Ad. 2.

Potencjał antyoksydacyjny żywności może się zmniejszać, pozostawać bez zmian lub ulegać zwiększeniu pod wpływem procesów technologicznych. W czasie obróbki technologicznej powstają nowe związki charakteryzujące się właściwościami anty- lub prooksydacyjnymi, jak również dochodzi do interakcji między składnikami żywności.

Pierwsze badania, które prowadziłam w tym obszarze dotyczyły wpływu wybranych metod ogrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w produktach mięsnych z dodatkiem przeciwutleniaczy. Podczas przeprowadzonych doświadczeń stwierdziłam, że procesy utleniania lipidów zachodziły wolniej podczas gotowania w parze niż smażenia zanurzeniowego wyrobów z rozdrobnionego mięsa wieprzowego. Podczas całego okresu przechowywania produktów mięsnych w stanie zamrożonym nastąpił większy wzrost zawartości TBARS w wyrobach gotowanych niż smażonych. Dodatek przeciwutleniaczy wyraźnie ograniczał utlenianie lipidów mrożonych produktów mięsnych (B.2.24., B.6.45., B.6.64., B.6.65., B.7.1.). Moje zainteresowania badawcze obejmowały ponadto wpływ procesu gotowania kaszy jęczmiennej i gryczanej oraz ryżu na zawartość i właściwości przeciwutleniające zawartych w nich substancji aktywnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam, że proces gotowania kasz wpływa na całkowitą zawartość związków fenolowych i ich aktywność przeciwutleniającą. Wyższą zdolnością wygaszania rodników DPPH charakteryzowały się ekstrakty pozyskane z kaszy gryczanej i jęczmiennej surowej niż ugotowanej. W przypadku kaszy jęczmiennej ekstrakt z kaszy surowej w porównaniu z ekstraktem kaszy ugotowanej charakteryzował się większą aktywnością w emulsji kwasu linolowego, natomiast w przypadku kaszy gryczanej efekt ochronny wobec kwasu linolowego był taki sam dla obu ekstraktów. Wykazano, że ekstrakty z kasz mają dobre właściwości chelatujące. Większą aktywnością charakteryzowały się ekstrakty otrzymane z kasz ugotowanych niż surowych (B.2.8., B.2.11., B.2.17., B.2.18., B.6.3.,

B.6.7., B.6.13., B.6.15., B.6.38. B.6.54., B.6.57.). Analiza ekstraktów kasz metodą HPLC wykazała obecność wielu związków fenolowych: rutyny, kwercetyny, katechiny, kwasu galusowego, *p*-hydroksybenzoesowego, *p*-kumarowego, *o*-kumarowego, wanilinowego, synapowego i ferulowego. Kasze różniły się zawartością błonnika pokarmowego i jego frakcji. Najwyższą całkowitą zawartością błonnika pokarmowego cechowała się kasza gryczana gotowana, a najniższą gotowana kasza jęczmienna. Stwierdzono również wysoką zdolność wiązania kwasów żółciowych przez frakcję ligninową błonnika (B.1.9., B.1.10., B.2.9., B.4.7., B.6.8., B.6.16., B.6.30., B.6.39., B.6.58., B.6.66., B.6.68., B.7.3.). Przeprowadzone badania wykazały, że kasza gryczana jest dobrym źródłem tiaminy (0,519 mg/100 g produktu). Stwierdzono, że proces gotowania kaszy gryczanej powoduje znaczne ubytki tiaminy, jak i wprowadzonego jodu, szczególnie podczas obróbki cieplnej trwającej 20 minut. Zastosowanie powszechnie wykorzystywanego sposobu gotowania kaszy w woreczkach spowodowało zwiększenie wspomnianych ubytków tiaminy i jodu, niezależnie od prowadzonego czasu obróbki cieplnej. Stwierdzono także, że płukanie kaszy przed procesem obróbki cieplnej przyczynia się do zwiększenia zakresu strat tiaminy zawartej w kaszy (B.2.10., B.2.12., B.2.22., B.4.4., B.6.4., B.6.9., B.6.17.). W ramach współpracy podczas realizacji projektu badawczego własnego nr N312 027 31/2058 (B.9.1.), uczestniczyłam w badaniach nad wykorzystaniem izolatu białka soi oraz błonnika pszennego do wzbogacania produktów mięsnych w jod. Badania wykazały, iż oba te preparaty mogą być zastosowane jako alternatywne nośniki soli jodu, istotnie ograniczając straty jodu podczas produkcji oraz przechowywania badanych produktów. Istotnym elementem badań była ocena wpływu powyższych nośników na zmiany zawartości tiaminy i aminokwasów, jako wskaźników wartości odżywczej produktów mięsnych. Stwierdzono, że wpływ nośnika na straty tiaminy podczas obróbki termicznej był determinowany rodzajem soli jodu użytej dla wzbogacania produktów. Ochronne działanie wobec tiaminy obu alternatywnych nośników zaobserwowano tylko w przypadku potraw wzbogacanych w jodek potasu. Stwierdzono mniejsze straty tiaminy podczas przechowywania potraw zawierających jodowany izolat białka soi oraz preparat błonnika pszennego w porównaniu z potrawami z dodatkiem jodowanej soli kuchennej (B.2.30., B.6.50.). Uczestniczyłam również w realizacji kolejnego projektu badawczego nr N N312 241638 (B.9.3.), gdzie prowadziłam badania dotyczące strat tiaminy podczas przechowywania pasteryzowanych i sterylizowanych modelowych układów mielonego mięsa drobiowego z dodatkiem świeżego i utlenionego tłuszczu oraz

przeciwutleniaczy. Badania wykazały, że straty tiaminy w mięsie pasteryzowanym były wyższe (61-71%) niż mięsie sterylizowanym (57-67%). Dodatek utlenionego tłuszczu zwiększył straty tiaminy zarówno podczas procesu termicznego, jak i podczas przechowywania (do 23%). Najmniejsze straty tiaminy ogólnej były w próbkach z dodatkiem świeżego smalca. Dodatek przeciwutleniaczy (ekstraktu rozmarynu i hydrolizatu kazeiny) wpłynął na zmniejszenie tych strat. Jednak ich efekt ochronny zależał od rodzaju obecnego tłuszczu. W próbach z dodatkiem świeżego tłuszczu wyższe właściwości ochronne wobec tiaminy wykazywał ekstrakt rozmarynu (7-11%), a w układach zawierających utleniony tłuszcz korzystniejszy efekt wykazał hydrolizat kazeiny (14%) (B.2.35., B.6.26., B.6.48., B.6.52.). W latach 2006-2009 kierowałam projektem pt. „Wpływ przeciwutleniaczy z ekstraktów roślinnych na stopień utleniania lipidów i kształtowanie jakości wybranych produktów mięsnych” (B.9.2.) i w ramach współpracy z zespołem Zakładu Koncentratów Spożywczych UP w Poznaniu prowadziłam badania nad wpływem dodatku przeciwutleniaczy na zmiany zawartości cholesterolu oraz produktów jego utleniania w przechowywanych produktach mięsnych. Stwierdziłam, że najwyższy procentowy spadek zawartości cholesterolu w czasie całego okresu przechowywania pulpetów był charakterystyczny dla próby kontrolnej oraz z dodatkiem rozmarynu i wynosił odpowiednio 36 i 29,5% w stosunku do wyjściowej zawartości cholesterolu. Najniższy ubytek cholesterolu obserwowano natomiast w pulpetach z dodatkiem tymianku, gdzie po 180 dniach przechowywania straty wynosiły 20,5%. Tendencji spadkowej nie obserwowano w pulpetach z dodatkiem zielonej herbaty oraz syntetycznego przeciwutleniacza BHT. Analizując zmiany zawartości cholesterolu w kotletach mielonych i pieczeni stwierdzono jego spadek we wszystkich próbach. Zawartość końcowa, po 180 dniach przechowywania kotletów w warunkach zamrażalniczych, wynosiła od 2,14 mg/g tłuszczu w próbce z dodatkiem tymianku do 3,07 mg/g tłuszczu w próbce z dodatkiem zielonej herbaty. Po 180 dniach przechowywania pieczeni w warunkach zamrażalniczych, zawartość cholesterolu wynosiła od 2,17 mg/g tłuszczu w próbce z dodatkiem BHT do 2,94 mg/g w próbce z dodatkiem tymianku. Przechowywanie prób mięsa gotowanego, smażonego i pieczonego prowadziło do wzrostu zawartości poszczególnych pochodnych utlenionych cholesterolu, jak i całkowitej ich sumy. Wzrost ten był uzależniony od rodzaju zastosowanego przeciwutleniacza (B.6.53., B.6.55., B.6.56.). Fitosterole są istotnym składnikiem tłuszczów roślinnych, a badania mające na celu ich ochronę są obecnie prowadzone na szeroką skalę. Dlatego też moje kolejne badania

dotyczyły oceny potencjalnego wykorzystania przeciwutleniaczy naturalnych i syntetycznych w stabilizacji fitosteroli podczas ogrzewania oleju w temp. 180°C. Po zakończeniu ogrzewania, analizowano straty fitosteroli, a także zawartość produktów utlenienia β -sitosterolu i kampesterolu. Całkowita zawartość produktów utleniania fitosteroli w próbach wahała się od 96,69 do 268,35 $\mu\text{g/g}$ oleju. Skuteczność przeciwutleniaczy zmniejszała się w następującej kolejności: związki fenolowe z nasion rzepaku > ekstrakt rozmarynu > mieszanina tokoferoli z oleju rzepakowego > mieszanina syntetycznych tokoferoli > ekstrakt z zielonej herbaty > kwas synapinowy > BHT (B.1.6., B.1.7., B.1.11., B.6.46.).

Ad. 3.

W ostatnich latach wiedza na temat wpływu bioaktywnych składników żywności na zdrowie i dobre samopoczucie znacznie się rozwinęła. Umożliwiło to projektowanie żywności obniżającej ryzyko wystąpienia wielu chorób. Wśród pozytywnych efektów jej działania można wymienić zmniejszenie zagrożenia wystąpienia m.in. otyłości, nadciśnienia tętniczego, cukrzycy, zespołu Leśniowskiego-Crohna. W projekcie, który realizowany był w ramach funduszy strukturalnych POIG nr:01.01.02-00-061/09 (B.9.5.) prowadziłam badania nad oceną wiedzy i postaw respondentów z wymienionymi chorobami do żywności zawierającej składniki bioaktywne. Stwierdziłam, że znaczna część respondentów słyszała o składnikach bioaktywnych i potrafiła wskazać ich właściwą definicję. Badania wykazały pozytywne nastawienie respondentów do żywności zawierającej te składniki. Zarówno osoby chore, jak i zdrowe uważały, że składniki bioaktywne powinny być dodawane do żywności i oczekiwały takiej żywności na rynku. Niezależnie od jednostki chorobowej ok. 90% ankietowanych uważało, że żywność wzbogacana w składniki bioaktywne powinna być poddawana wiarygodnym badaniom przed wprowadzeniem jej na rynek oraz zawierać na etykiecie czytelne informacje. W procesie podejmowania decyzji o zakupie żywności zawierającej składniki bioaktywne respondenci uwzględniali przede wszystkim cenę, deklarując, że kupiliby tę żywność gdyby była tańsza. Kolejnym czynnikiem decydującym o zakupie były walory sensoryczne. Ankietowani deklarowali również, że częściej kupowaliby tę żywność, gdyby posiadali większą wiedzę na jej temat (B.2.28., B.2.39., B.6.18., B.6.20., B.6.21., B.6.22., B.6.27., B.6.28.). W badaniach ankietowych porównano również wiedzę żywieniową oraz spożycie kasz wśród studentów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz pracowników

firmy VOX Industrie. Poziom wiedzy na temat wartości zdrowotnej i żywieniowej kasz, zwłaszcza grupy referencyjnej, którą stanowili studenci Uniwersytetu Przyrodniczego, był dość wysoki. Jednak pomimo dużej różnorodności asortymentu kasz, konsumenci wykazali się małym zainteresowaniem tymi produktami ze względu na ich walory smakowe (B.2.31.). Brałam udział również w badaniach nad oceną wiedzy i zachowań żywieniowych osób chorych na celiakię oraz z uczuleniem na soję. Respondenci uczuleni na alergeny soi wykazali się dobrą ogólną wiedzą żywieniową, jednak zdecydowana większość z nich lekceważyła eliminację produktów zawierających soję z diety. Chorzy na celiakię z kolei wykazali się wiedzą dotyczącą ich choroby i sposobu jej leczenia poprzez stosowanie diety bezglutenowej. Znali produkty, które są głównym źródłem lub mogą zawierać gluten, a więc te, których powinni unikać. Ponadto posiadali dużą wiedzę dotyczącą znakowania produktów bezglutenowych, najpopularniejszych firm na rynku produkujących żywność bezglutenową oraz możliwości jej zakupu (B.2.26., B.2.27., B.2.29., B.2.33., B.6.29.).

Reprezentuję dziedzinę nauki i dyscyplinę naukową z potencjałem wdrożeniowym, dlatego brałam udział w opracowaniu propozycji produktów o lepszej jakości, zarówno pod względem wartości odżywczej, jak i walorów sensorycznych. Kolejnym zagadnieniem badawczym była zatem analiza intensywności deskryptorów smaku i zapachu napojów mlecznych z dodatkiem inuliny, ekstraktu z morwy białej, kakao, żurawiny i aronii oraz ich pożądalności konsumenckiej, a także analiza możliwości wykorzystania inuliny, mączki i łuski gryczanej, owoców morwy, nasion Chia i ekstraktu z herbaty do produkcji wyrobów żywnościowych oraz ocena jakości sensorycznej produktów mięsnych z dodatkiem wybranych ekstraktów przypraw (B.2.38., B.5.4., B.6.24., B.6.25., B.6.31., B.6.34., B.6.49., B.6.59., B.6.60., B.6.61., B.6.62., B.6.63., B.7.2.). Większość tych badań wykonano metodą ilościowej analizy opisowej czyli profilowania sensorycznego i oceny semikonsumenckiej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono m. in. wysoką pożądalność sensoryczną smaku i zapachu mleka skondensowanego z dodatkiem błonnika, a także mleka czekoladowego z dodatkiem ekstraktu z liści morwy białej. Wyniki oceny sensorycznej maślanki z ekstraktem z liści morwy białej, przy jednoczesnym dodatku owoców aronii i żurawiny, zależały od użytego stężenia wymienionych dodatków. Najlepszą oceną cechowała się maślanka z dodatkiem ekstraktu na poziomie 0,4% oraz owocu aronii w ilości 5% i żurawiny 10%.

Moje doświadczenie w analizie związków bioaktywnych zaowocowało współpracą z pracownikami Katedry Zarządzania Jakością Żywności, w ramach której wykonałam badania

nad jakością przekąsek z suszonego mięsa indyczego z dodatkiem rodzynek. Wstępne badania preferencji konsumenckich potwierdziły, że przekąski typu *jerky* są postrzegane jako „dobre”, a chęć ich spożywania respondenci najczęściej wyrażali określeniem „czasami”. Wykazano również, że rodzynki jako składnik modyfikujący recepturę przekąsek charakteryzują się potencjalnymi właściwościami prozdrowotnymi wynikającymi z zawartości polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnej wyrażonej zdolnością neutralizowania rodników DPPH (B.3.1., B.6.12.).

Ad. 4.

Od początku kariery naukowej moje główne zainteresowania naukowe obejmują interakcje produktów utlenienia lipidów z białkami i aminokwasami. Wiedza, którą zdobyłam na ten temat zaowocowała trzema pracami przeglądowymi (B.1.1., B.2.14., B.2.15.). Wygłosiłam również wykład plenarny dotyczący wpływu utlenionych lipidów na aminokwasy i białka na konferencji „Postępy w analizie lipidów żywności” (B.8.1.). Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na złożoność czynników mogących determinować zmiany zawartości aminokwasów wobec produktów utleniania tłuszczów. Wykazałam, że produkty utleniania lipidów w modelowych zemulgowanych substratach tłuszczowych miały istotny wpływ na zawartość lizyny i metioniny. Straty badanych aminokwasów pod wpływem produktów utleniania emulsji były tym większe, im bardziej nienasycony był substrat tłuszczowy. Żelazo (FeII) wprowadzone do układów modelowych, katalizując procesy oksydacyjne zemulgowanych substratów tłuszczowych, wpływało na obniżenie zawartości badanych aminokwasów. Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały hamujący wpływ BHT na postęp reakcji autooksydacji zemulgowanych substratów tłuszczowych. Istotnie wyższą stabilność emulsji uzyskano także w przypadku prób z dodatkiem BHT i aminokwasów. Aminokwasy wspomagały działanie BHT, który z kolei w istotny sposób ograniczał ich straty. Zmiany ilościowe zawartości aminokwasów w czasie przechowywania zemulgowanych substratów tłuszczowych uzależnione były również od odczynu środowiska. W emulsji estru metylowego kwasu dokozaheksaenowego największe ubytki zawartości aminokwasów wystąpiły w środowisku o wartości pH punktu izoelektrycznego, natomiast w przypadku oleinianu i stearynianu metylu w niższym pH. Kształtowanie się zmian zawartości lizyny i metioniny w linolanie metylu nie wykazywało jednoznacznej zależności od odczynu

środowiska. W celu określenia wpływu badanych czynników na zmiany ilościowe dostępnej lizyny i metioniny analizowałam wartości współczynnika nachylenia krzywej zmian w czasie (Wsp.a/24 h) oraz czas, w którym zawartość aminokwasów zmniejszy się o połowę (TIC₅₀) (B.2.3., B.2.5., B.4.3., B.6.2., B.6.5.). Badania dotyczące interakcji lipidowo-białkowych prowadziłam również w modelowych układach produktów mięsnych. Rezultaty przeprowadzonych badań wykazały znaczny wzrost stopnia utlenienia tłuszczu mięsa suszonego, pulpetów i kiełbasy typu „polska surowa” w czasie przechowywania. Zawartość dostępnej lizyny i metioniny w przechowywanych produktach była skorelowana ze stopniem utlenienia tłuszczu. Im wyższy stopień utlenienia, tym niższa zawartość tych egzogennych aminokwasów. Antyoksydanty chroniąc lipidy przed utlenieniem, działały ochronnie także na aminokwasy. W latach 2010-2013 w ramach realizacji projektu nr N N312 242438 pt. „Wpływ przeciwutleniaczy z nasion Inu na stabilność lipidów i kształtowanie jakości produktów mięsnych” (B.9.4.) uczestniczyłam w badaniach, które dotyczyły wpływu ekstraktów z Inu na kształtowanie wartości odżywczej białka produktów mięsnych. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że zarówno rodzaj dodatku, jak i warunki przechowywania w istotny sposób wpływają na zawartość dostępnej lizyny i strawność białka. Ekstrakty z nasion Inu oraz ekstrakt z rozmarynu wykazywały działanie ochronne w stosunku do lizyny, zarówno w pulpetach, jak i kotletach. Największymi właściwościami stabilizującymi w przypadku pulpetów charakteryzowały się ekstrakty etanolowe z nasion Inu odmiany Oliwin i Jantarol, w kotletach natomiast ekstrakty odmiany Szafir i Jantarol. Zastosowane dodatki w mniejszym stopniu wpłynęły na straty metioniny w przechowywanych produktach. Podczas badania podatności białek na hydrolizę, niższą strawnością charakteryzowały się kotlety niż pulpety (B.1.4., B.1.5., B.2.1., B.2.23., B.2.34., B.6.10., B.6.37., B.6.51., B.6.67.).

4.4. Zestawienie wszystkich publikacji naukowych oraz innych osiągnięć naukowych

Rodzaj publikacji	Liczba publikacji		IF*	Punkty MNiSW**
	Przed doktoratem	Po doktoracie		
A. Publikacje w czasopiśmie znajdujących się w bazie JCR	1	14	18,847	330
B. Publikacje w czasopiśmie znajdujących się w części B wykazu MNiSW	9	41	0,222	495
C. Rozdziały w monografii naukowej		5		17
D. Pełnotekstowe prace konferencyjne				
- w języku polskim	3	1		
- w języku angielskim		6		
Łącznie			19,069	842
E1. Komunikaty naukowe wygłoszone na:				
- krajowych konferencjach	1	1		
- międzynarodowych konferencjach		2		
E2. Komunikaty naukowe prezentowane w formie posterów na:				
- krajowych konferencjach	18	34		
- międzynarodowych konferencjach		34		
F. Artykuły w czasopiśmie popularno-naukowych nieobjętych wykazem MNiSW		4		
Zespoły badawcze				
- kierowanie projektami badawczymi		2		
- wykonawstwo w projektach badawczych	1	4		
Recenzje artykułów naukowych		6		

*Impact Factor (IF) wg bazy Journal Citation Reports (JCR) Web of Science, zgodny z rokiem ukazania się pracy.

**liczba punktów wg części A i B wykazu czasopism naukowych MNiSW z dnia 9 grudnia 2016 roku.

4.5. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego

W trakcie swojej pracy po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych byłam wyróżniona przez J.M. Rektora Uniwersytetu w Poznaniu, nagrodą zespołową II° za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami naukowymi. Mój całkowity dorobek naukowy wg punktacji MNiSW wynosi 842 punktów (w tym 98 stanowi podstawę wniosku habilitacyjnego). Sumaryczny Impact Factor (IF) dla opublikowanych prac wynosi 19,069. Liczba cytowań z pominięciem autocytowań wg bazy Web of Science Core Collection – 131. Index Hirscha – 7.

Dotychczas opublikowałam 84 prace, z czego 71 po uzyskaniu stopnia doktora. Na dorobek składa się:

- 15 (14 po uzyskaniu stopnia doktora) artykułów w czasopismach uwzględnionych w bazie JCR,
- 50 (41 po uzyskaniu stopnia doktora) artykułów w czasopismach o zasięgu krajowym, nieposiadających współczynnika wpływu IF, wymienionych w części B wykazu MNiSW,
- 4 artykuły w czasopismach nieposiadających współczynnika IF, nieobjęte MNiSW,
- 10 (7 po uzyskaniu stopnia doktora) prace opublikowane w całości w materiałach konferencyjnych,
- 5 rozdziałów w monografiach,
- 86 komunikatów konferencyjnych (w tym 34 na konferencjach o zasięgu międzynarodowym),
- 4 referaty wygłoszone na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych,
- 1 wykład plenarny wygłoszony na zaproszenie organizatorów konferencji,
- 2 nieopublikowane opracowania z realizacji projektów badawczych, w których brałam udział.

Marzanna Heś