

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk o Żywności

DR INŻ. RAFAŁ WOŁOSIAK

ZAŁĄCZNIK 2

---

# AUTOREFERAT

---

Warszawa, 2015

## SPIS TREŚCI

1. DANE OSOBOWE .....	3
2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ .....	3
3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH .....	4
4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA STANOWIĄCEGO PODSTAWĘ POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO .....	4
4A. SYNTETYCZNE OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO STANOWIĄCEGO PODSTAWĘ POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO .....	4
5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH .....	9
5.1. WŁAŚCIWOŚCI I PRZEMIANY SKŁADNIKÓW ROŚLIN STRĄCZKOWYCH POD WPŁYWEM PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH .....	11
5.2. AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA OZNACZANA W RÓŻNYCH WARUNKACH PROWADZENIA BADAŃ .....	15
5.3. WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE SKŁADNIKÓW WARZYW .....	18
5.4. ZWIĄZKI BIOAKTYWNE W OWOCACH I ORZECHACH .....	21
5.5. NAPOJE O DUŻEJ ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH .....	22
5.6. SKŁADNIKI FAZY TŁUSZCZOWEJ PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH .....	25
5.7. PODSUMOWANIE .....	26
6. INNE OSIĄGNIĘCIA ZWIĄZANE Z AKTYWNOŚCIĄ ORGANIZACYJNĄ I DYDAKTYCZNĄ .....	27
6.1. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA.....	27
6.2. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA .....	30
6.3. DZIAŁALNOŚĆ W TOWARZYSTWACH NAUKOWYCH I ZESPOŁACH EKSPERCKICH ORAZ KONSORCJACH I SIECIACH BADAWCZYCH, RECENZJE GRANTÓW .....	31
6.4. OTRZYMANE NAGRODY I WYRÓŻNIENIA .....	32
6.5. WSPÓŁPRACA Z ZAGRANICĄ, RECENZJE PUBLIKACJI .....	32
6.6. OSIĄGNIĘCIA W DZIEDZINIE POPULARYZACJI NAUKI .....	33
6.7. ORGANIZACJA KONFERENCJI I WSPÓŁPRACA Z GOSPODARKĄ.....	33

## 1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Rafał Lech Wołosiak  
Miejsce pracy: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Nauk o Żywności  
Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności  
Zakład Oceny Jakości Żywności  
ul. Nowoursynowska 159  
02-787 Warszawa

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

26.06.1998 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Technologii Żywności, kierunek: technologia żywności i żywienie człowieka, specjalizacja: ocena jakości żywności  
**stopień magistra inżyniera nauk rolniczych**  
praca magisterska pt. „Antyoksydacyjne właściwości izolatu i hydrolizatów białka grochu (*Pisum sativum*)” zrealizowana w Samodzielnym Zakładzie Oceny Jakości Żywności pod kierunkiem prof. dr hab. Mirosławy Klepackiej obroniona z wyróżnieniem

29.11.2002 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Technologii Żywności  
**stopień doktora nauk rolniczych**  
dyscyplina: technologia żywności i żywienia  
specjalność: chemia żywności  
praca doktorska pt. „Aktywność przeciwutleniająca albumin z nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris*) i grochu (*Pisum sativum*)”  
obroniona decyzją Rady Wydziału Technologii Żywności z wyróżnieniem  
promotor: prof. dr hab. Mirosława Klepacka

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

01.10.1999-28.02.2003 **asystent** w Samodzielnym Zakładzie Oceny Jakości Żywności Wydziału Technologii Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (oddelegowany na studia doktoranckie na czas ich trwania)

01.03.2003-obecnie **adiunkt** w Samodzielnym Zakładzie Oceny Jakości Żywności Wydziału Technologii Żywności, obecnie w Zakładzie Oceny Jakości Żywności Katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

### **4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego**

Osiągnięciem, będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, wynikającym z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm. Dz. U. z 2011 r. nr 204, poz. 1200), jest monografia pt. „Ocena wybranych procedur oznaczania aktywności przeciwutleniającej składników żywności” („Assessment of chosen procedures for food components' antioxidant activity determination”).

#### **4A. Syntetyczne omówienie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego**

##### **Wstęp**

Reakcje oksydacyjne są jednym z najbardziej znaczących czynników ograniczających trwałość przechowywanej żywności oraz przyczyniają się do rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych. Zachwianie równowagi oksydoredukcyjnej w organizmie powiązane jest z niewłaściwym odżywianiem, stresem psychicznym związanym ze stylem życia osób zamieszkujących kraje wysokorozwinięte oraz kontaktem z coraz liczniejszymi antropogennymi ksenobiotykami w środowisku życia współczesnego człowieka. W efekcie liczne grono badaczy podjęło w swoich pracach problematykę przeciwutleniaczy naturalnych i powstających w procesach technologicznych oraz przeciwutleniaczy syntetycznych w żywności i żywieniu. Nasilone zainteresowanie badaczy spowodowało opracowanie wielu metod badania aktywności antyoksydacyjnej. Część z nich cechuje prostota i niewielkie wymagania sprzętowe, do przeprowadzenia innych niezbędny jest zaawansowany warsztat badawczy i skomplikowana aparatura. Wielu autorów nie wahało się także przed wprowadzeniem modyfikacji

znanych już metod. Wydaje się, że ze względu na coraz bardziej ograniczone możliwości porównania i dyskusji uzyskiwanych w poszczególnych pracach wyników, dobrze byłoby zwrócić uwagę zainteresowanych badaczy na konieczność standaryzacji stosowanych metod, przy ograniczeniu ich różnorodności do kilku najistotniejszych aplikacyjnie wersji.

Mechanizmy reakcji, w których bada się aktywność antyoksydacyjną, można generalnie podzielić na addycyjne i postaddycyjne. Te pierwsze polegają na pomiarze opóźnienia procesu oksydacyjnego (*lag time*, lagfaza), wynikającego z obecności w mieszaninie reakcyjnej przeciwutleniaczy. Można je stosować jako model procesów zachodzących *in vivo*, dzięki wykorzystaniu wskaźnikowego antyoksydanta, wobec którego badane substancje ulegają szybszym, konkurencyjnym reakcjom z czynnikami prooksydacyjnymi, i którego ubytek mierzy się w doświadczeniu. Metody postaddycyjne polegają na zmieszaniu przeciwutleniaczy z uprzednio wytworzoną, znaną ilością czynnika prooksydacyjnego lub jego symulanta, testowego reagenta (np. syntetycznych rodników) i pomiarze zmian tej ilości.

Innym sposobem podziału mechanizmów reakcji oksydacyjnych jest wyróżnienie metod opartych na mechanizmie SET (*single electron transfer*), na mechanizmie HAT (*hydrogen atom transfer*) lub wykorzystujących oba te mechanizmy. Generalnie przyjmuje się, że metodami opartymi na przeniesieniu elektronu są m.in. ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC oraz metoda Folina-Ciocalteu'a, natomiast opartymi na przeniesieniu atomu wodoru są ORAC, TRAP, CBA oraz niektóre metody badania stopnia utlenienia lipidów, inicjowanego dodatkiem jonów metali przejściowych lub syntetycznych azowych źródeł rodników nadtlenkowych. Wątpliwości dotyczące jednoznacznego zaklasyfikowania niektórych prostych reakcji jako przebiegających zgodnie z mechanizmem SET, były zgłaszane w literaturze. Obejmuje to zarówno sugestie współzachodzenia reakcji opartych na mechanizmach SET i HAT, jak i występowania bardziej złożonych mechanizmów – SPLET (*sequential proton loss electron transfer*) oraz PCET (*proton coupled electron transfer*).

Duże możliwości w badaniach procesów oksydacyjnych zapewniają emulsje, szczególnie typu olej w wodzie. Emulsje są układem wielofazowym, przez co lepiej odzwierciedlają warunki panujące w rzeczywistych procesach oksydacyjnych, są to także układy o zróżnicowanej polarności, co pozwala na badanie różnych przeciwutleniaczy. Przebieg procesów oksydacyjnych w emulsji zależy w dużej mierze od jej składu – zarówno fazy lipidowej (zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych; czynników przyspieszających, np. wolnych kwasów tłuszczowych lub wodoronadtlenków; obecność naturalnych przeciwutleniaczy), jak i wodnej (pH oraz siła jonowa fazy wodnej; obecność prooksydantów: jonów metali, aktywnych enzymów, fotosensybilizatorów; naturalnych związków działających przeciwutleniająco, np. chelatorów). Istotne znaczenie mają także właściwości reologiczne emulsji, które determinują dyfuzję czynników antyoksydacyjnych i prooksydacyjnych, w tym tlenu, oraz strukturalne, które determinują koncentrację cząsteczek fazy rozproszonej i ich

wielkość, decydując o sumarycznej powierzchni kontaktu z zawierającą czynniki prooksydacyjne fazą wodną. Ważny jest także charakter interfazy, jej skład (zawartość składników pro- lub antyoksydacyjnych), szczelność oraz jonizacja. Przeciwutleniacze badane w emulsji ulegają podziałowi pomiędzy fazę ciągłą, rozproszoną oraz interfazę, co może istotnie determinować ich aktywność.

**Celem badań** było:

- porównanie prostych, popularnych i łatwych do zastosowania metod badania aktywności przeciwutleniającej w roztworach pod względem możliwości wykorzystania takich metod do badania składników żywności, liniowości zależności efektu antyoksydacyjnego od stężenia przeciwutleniaczy i wartości aktywności oznaczonych przy ich użyciu;
- określenie aktywności przeciwutleniaczy zastosowanych w bardziej złożonych, heterofazowych układach, w których inicjowano reakcje oksydacyjne w środowisku o kontrolowanym składzie, oraz porównanie wartości otrzymanych w doświadczeniach prowadzonych w roztworach z uzyskanymi w procesach oksydacyjnych zachodzących w heterofazowych warunkach modelowych.

### **Materiał i metody**

W badaniach zastosowano dwa kwasy fenolowe (galusowy i ferulowy) oraz dwa flawonoidy (katechinę i kwercetynę), a także syntetyczną pochodną kwasu galusowego, galusan propylu. W pracy wykorzystano także dwa peptydy o potwierdzonej aktywności (glutation i karnozynę), a także wchodzące w ich skład aminokwasy, kluczowe z punktu widzenia działania przeciwutleniającego (cysteinę i histydynę). Kolejnym przeciwutleniaczem polarnym był kwas askorbinowy. Zastosowano również jego syntetyczną pochodną o zmniejszonej polarności, palmitynian askorbylu. W badaniach wykorzystano ponadto dwa związki hydrofobowe:  $\alpha$ -tokoferol w formie wolnej oraz octanu. Syntetycznym odpowiednikiem dla tej grupy związków był Trolox, analog  $\alpha$ -tokoferolu o zwiększonej polarności, wykorzystywany często w badaniach przeciwutleniaczy jako standard.

Badania objęły przede wszystkim najczęściej stosowane metody, oparte na spektrofotometrycznym pomiarze aktywności przeciwutleniającej w roztworach stanowiących mieszaninę reakcyjną. Ze względu na podatność na modyfikacje i znaczną liczbę różnych wersji metodycznych stosowanych w opublikowanych pracach, badania aktywności przeciwrodnikowej prowadzono w różnych wariantach środowiska i czasu reakcji. Metodę z ABTS stosowano w etanolu jako środowisku reakcji (badane przeciwutleniacze rozpuszczano w 50% acetonie lub 100% metanolu), a ponadto w buforach o pH 7,4 (PBS, symulujący warunki fizjologiczne organizmu człowieka) oraz o pH 3,6 (bufor octanowy, symulujący odczyn żywności). Poza standardowym czasem reakcji (6 min), w wybranych doświadczeniach pomiaru dokonywano także po przedłużonym czasie (30 min). W metodzie z DPPH rodniki rozpuszczano przede wszystkim w metanolu, zaś

przeciwutleniacze w wodnych roztworach acetonu i metanolu (50-100%), a ponadto w rozpuszczalnikach apolarnych: octanie etylu, dichlorometanie i heksanie. W wybranych doświadczeniach, poza standardowym czasem reakcji (30 min), zastosowano także czas skrócony (10 min) i przedłużony (120 min). Ponadto, prowadzono badania w roztworach przy użyciu metod określania zdolności redukcyjnej, w których wykorzystywany jest wyłącznie mechanizm SET: FRAP, CUPRAC i Folina-Ciocalteu'a (zgodnie z oryginalnymi metodykami), a także metodą CBA, pozwalającą badać aktywność przeciwutleniaczy w reakcji zgodnej z mechanizmem HAT (pH 7,4 oraz 3,6).

Zastosowane w pracy przeciwutleniacze testowano ponadto w układach emulsyjnych: wobec nadtlenków kwasów tłuszczowych w emulsji symulującej warunki panujące w organizmie człowieka (kwas linolowy jako substrat reakcji, pH fazy wodnej 7,4, dodatek hemoglobiny i prowadzenie reakcji w 37°C w celu jej przyspieszenia) oraz wobec nadtlenków i wtórnych produktów autooksydacji (HS-SPME-GC-MS) w emulsji zawierającej olej słonecznikowy, poddanej spontanicznemu lub wymuszonemu (przyspieszonemu) procesowi oksydacyjnemu.

### **Omówienie wyników**

Metoda z ABTS daje największe perspektywy w badaniach substancji polarnych, dzięki możliwości przygotowania roztworu rodników w etanolu lub buforach wodnych o różnym pH, zaś metoda z DPPH w badaniach substancji o mniejszej polarności i niepolarnych, ze względu na możliwość stosowania różnych rozpuszczalników organicznych jako środowiska reakcji. W prowadzonych tymi metodami badaniach związków aminowych i fenolowych często stwierdzano ograniczenia liniowości zależności efektu antyoksydacyjnego od stężenia przeciwutleniacza. Efekt taki w znacznie mniejszym stopniu dotyczył szybko reagujących przeciwutleniaczy: kwasu askorbinowego,  $\alpha$ - tokoferolu i przeciwutleniaczy syntetycznych (galusanu propylu, palmitynianu askorbylu i Troloxu). Stwierdzony duży wpływ zastosowanego środowiska reakcji na liniowość zależności efektu oksydacyjnego od stężenia przeciwutleniaczy oraz na ich aktywność oznaczoną w metodach z ABTS i z DPPH upoważnia do postawienia postulatu standaryzacji stosowanych rozpuszczalników, co pozwoli na zwiększenie porównywalności wyników uzyskiwanych w różnych badaniach. Z tego samego powodu należy zalecić pomiar aktywności w obu metodach po typowo stosowanym w badaniach czasie (odpowiednio 6 i 30 min). Uzyskane wyniki świadczą o istotności zapewnienia polarnego, protonującego środowiska reakcji w metodzie z DPPH. Zaproponowano ograniczenie rozpuszczalników stanowiących środowisko reakcji do etanolu i dwóch buforów (o pH 3,6 oraz 7,4) w metodzie z ABTS i trzech rozpuszczalników na bazie metanolu w metodzie z DPPH, a także odczytywanie aktywności jako  $IC_{50}$  lub przynajmniej ograniczenie zakresu roboczego do 30-70% absorbancji próbki kontrolnej.

W metodach opartych na właściwościach redukcyjnych przeciwutleniaczy nie stwierdzono ograniczeń liniowości zależności zmierzonej absorbancji od stężenia badanego związku, jednak –



biorąc pod uwagę ograniczoną liczbę badanych związków, uzyskany zakres roboczy absorpcji oraz dane literaturowe – nie można wykluczyć występowania takich ograniczeń. Za wiarygodną metodę odczytu aktywności próbek należałoby więc uznać określenie stężenia antyoksydanta potrzebnego do uzyskania założonego efektu, np. absorpcji 0,5. Wydaje się to być dobrym odpowiednikiem parametru  $IC_{50}$ , określanego w metodach, w których stosuje się zdefiniowaną z góry ilość składnika mieszaniny reakcyjnej pełniącego rolę prooksydanta. W metodach opartych na właściwościach redukcyjnych generalnie nie stwierdzono znaczących i jednokierunkowych różnic w aktywności związków wyrażonej w standardowych jednostkach TEAC, pomimo zmian pH środowiska reakcji od 3,6 (FRAP), poprzez 7,0 (CUPRAC), do 10,0 (metoda Folina-Ciocalteu'a). Należy przypuszczać, że odczyn środowiska reakcji (pomimo wpływu na zdolność do oddawania elektronów) nie jest głównym czynnikiem determinującym aktywność poszczególnych składników, lecz bardzo istotne tu są także różnice w mechanizmach reakcji.

W metodzie CBA, opartej na dezaktywacji rozpuszczalnych w wodzie rodników nadtlenkowych dzięki zdolności przeciwutleniaczy do przekazania atomu wodoru, stwierdzono dużą złożoność charakteru przebiegu krzywych zależności aktywności od stężenia przeciwutleniacza i zaproponowano odczyt aktywności jako parametru  $IC_{30}$ . Było to możliwe dla wszystkich związków wykazujących aktywność większą niż śladowa, a wartość ta leżała w zakresie początkowego, szybkiego przyrostu aktywności antyoksydanta wraz ze wzrostem stężenia.

W metodzie CBA stwierdzono także bardzo duże zróżnicowanie aktywności modelowych przeciwutleniaczy w pH 3,6 oraz 7,4. Niskie aktywności przeciwutleniaczy fenolowych w pH 3,6 wyraźnie wzrosły przy zmianie pH na fizjologiczne, podczas gdy aktywności pozostałych związków polarnych uległy zmniejszeniu. Tak dużych i jasno zdefiniowanych różnic w efektywności działania przeciwutleniaczy nie stwierdzono wobec nadtlenuków w układach heterofazowych o kwaśnym lub fizjologicznym odczynie fazy wodnej. Obserwowano tu jednak wyraźne różnice w aktywności części związków w zależności od etapu procesu oksydacyjnego, na którym mierzona była aktywność (wobec nadtlenuków lub wtórnych produktów reakcji). Wyniki uzyskane przy tych samych zawartościach przeciwutleniaczy w układach symulujących warunki panujące w emulsji spożywczej, utlenianych w sposób naturalny i przyspieszony, były zróżnicowane. Wynika to najprawdopodobniej z różnic w fizycznych warunkach prowadzenia procesów (temperatura) i składu chemicznego mieszaniny (duża zawartość metali prooksydacyjnych i nieobecność naturalnych przeciwutleniaczy przy utlenianiu przyspieszonym). Poczynione na tym etapie badań obserwacje sugerują ostrożność przy wyciąganiu wniosków, dotyczących efektywności działania przeciwutleniaczy, oznaczonej w układach po części odzwierciedlających rzeczywiste próbki, w których zastosowano wymuszony proces oksydacyjny.



## Podsumowanie

W układach heterofazowych, w których symulowane są rzeczywiste procesy oksydacyjne, oznaczona aktywność może odnosić się tylko do zastosowanego układu, warunków prowadzenia procesu i zawartości przeciwutleniacza. Przeciwutleniacze powinny być badane przy różnych ich zawartościach, ze względu na mało przewidywalne efekty nawet niewielkich ich zmian. Najbardziej stabilnie w heterofazowych układach oksydacyjnych zachowywały się mieszaniny przeciwutleniaczy. Sugeruje to możliwość optymalizacji stabilności oksydacyjnej układów heterofazowych przede wszystkim w oparciu o połączenia różnych związków.

Zróznicowanie mechanizmów reakcji, będących podstawą pomiaru aktywności przeciwutleniającej, oraz złożoność efektów zastosowania badanych związków w oksydacyjnych układach modelowych powoduje oznaczenie różnych aktywności oraz wynikające z tego trudności w jednoznacznym wskazaniu najbardziej przydatnych w takich badaniach metod. Ograniczeniem prostych metod, prowadzonych w roztworach, jest wykorzystanie substratów niebędących czynnikami oksydacyjnymi w rzeczywistych procesach (zachodzących w żywności lub organizmach żywych) oraz wykorzystanie wybiórczych reakcji, biorąc pod uwagę różne możliwości działania antyoksydacyjnego. Złożone metody, pozwalające na prowadzenie rzeczywistych procesów oksydacyjnych w środowisku o kontrolowanym składzie, nie pozwalają zaś na łatwą interpretację wyników, ze względu na wielość zachodzących równolegle procesów i dużą zmienność uzyskanych wartości zarówno w poszczególnych powtórzeniach próbek, jak i przy zmianie stężenia przeciwutleniaczy.

Na podstawie prostych metod opartych na wykorzystaniu mechanizmu SET lub HAT w modelowych roztworach należy wystrzegać się formułowania daleko idących wniosków, dotyczących aktywności badanych związków w układach rzeczywistych. Przyczyną jest wybiórczość reakcji zachodzących w tych warunkach i niewykazywanie działania niektórych związków, powodujących efekty anty- lub prooksydacyjne w układach, w których dochodzi do rozwoju rzeczywistej reakcji oksydacyjnej. Potwierdzeniem tego jest brak istotnych korelacji uzyskanych danych z wartościami otrzymywanymi dzięki zastosowaniu złożonych układów, w większym stopniu przypominających rzeczywiste warunki zachodzenia procesów oksydacyjnych. Lepszą podstawą do wnioskowania mogą być natomiast zgodne dane, otrzymane dzięki zastosowaniu kilku metod opartych na różnych mechanizmach reakcji.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Urodziłem się 1 sierpnia 1974 roku w Warszawie. Po ukończeniu szkoły podstawowej uczęszczałem do Liceum Ogólnokształcącego im. Tadeusza Kościuszki w Pruszkowie do klasy

matematyczno-fizycznej. Egzamin maturalny zdałem w 1993 roku. W latach 1993-1998 byłem słuchaczem studiów magisterskich na Wydziale Technologii Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W roku akademickim 1997/98 zrealizowałem pracę magisterską pt. „Antyoksydacyjne właściwości izolatu i hydrolizatów białka grochu (*Pisum sativum*)” w Samodzielnym Zakładzie Oceny Jakości Żywności, którą obroniłem w czerwcu 1998, uzyskując ocenę bardzo dobrą z wyróżnieniem.

W 1998 roku zostałem przyjęty na dzienne Studia Doktoranckie na Wydziale Technologii Żywności, w dyscyplinie Technologia Żywności i Żywnienia, specjalność Ocena Jakości Żywności. W 1999 roku wygrałem rozpisany konkurs i w październiku tego roku zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Oceny Jakości Żywności Wydziału Technologii Żywności SGGW. Pracę doktorską pt. „Aktywność przeciwutleniająca albumin z nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris*) i grochu (*Pisum sativum*)” obroniłem z wyróżnieniem 29.11.2002. W 2003 roku zostałem mianowany na stanowisko adiunkta w Zakładzie Oceny Jakości Żywności. W zespole tym, początkowo pod kierownictwem Prof. dr hab. Mirosławy Klepackiej, następnie Dr hab. Heleny Porzucek, prof. SGGW i Prof. dr. hab. Mieczysława Obiedzińskiego, pracuję do dzisiaj. Od 1 września 2014 roku zostało mi powierzone kierownictwo Zakładu Oceny Jakości Żywności Katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności. Obecnie zespół ten liczy 10 osób. Praca w nim, współpraca z Kolegami była dla mnie źródłem wielu inspiracji naukowych i dawała możliwość realizacji różnorodnych prac badawczych. Moje zainteresowania naukowe leżały w obszarze badawczym związanym z analizą i oceną jakości żywności, a koncentrowały się w znacznym stopniu wokół zagadnień naukowych związanych z zawartymi w żywności składnikami odżywczymi i związkami bioaktywnymi, w tym przeciwutleniaczami, i ich aktywnością wobec różnych czynników oksydacyjnych i w różnych modelowych procesach oksydacyjnych, a także wpływem przetwarzania żywności na przemiany i aktywność przeciwutleniaczy. Wyniki większości prowadzonych badań zostały opublikowane w formie recenzowanych oryginalnych artykułów naukowych, monografii i doniesień konferencyjnych. Wykaz publikacji umieszczono w załączniku 4. Poniżej w sposób syntetyczny przedstawiono najważniejsze ustalenia płynące z realizowanych badań (wyłącznie opublikowanych), pogrupowanych w formie 6 tematów (cztery z nich, tematy 2, 3, 4 i 6, są w dalszym ciągu przeze mnie realizowane):

1. Właściwości i przemiany składników roślin strączkowych pod wpływem procesów technologicznych
2. Aktywność przeciwutleniająca oznaczana w różnych warunkach prowadzenia badań
3. Wybrane właściwości prozdrowotne składników warzyw
4. Związki bioaktywne w owocach i orzechach
5. Napoje o dużej zawartości związków bioaktywnych
6. Składniki fazy tłuszczowej produktów spożywczych

## 5.1. Właściwości i przemiany składników roślin strączkowych pod wpływem procesów technologicznych

Rośliny strączkowe są znane ze swojej wartości żywieniowej, związanej przede wszystkim z zawartością oraz jakością białka i skrobi, a także z obecności towarzyszących im licznych składników bioaktywnych. Białka, poza podstawową funkcją odżywczą, zapewniają szereg ważnych właściwości strukturalnych i funkcjonalnych, co było przedmiotem badań od zarania prac związanych z żywnością i żywieniem. Duży wzrost zainteresowania badaczy w końcowych latach XX wieku zawartością, funkcją i aktywnością przeciwutleniaczy zawartych w żywności i syntetyzowanych przez organizm człowieka zaowocował także pracami dotyczącymi właściwości przeciwutleniającymi białek. Wynikające one z obecności niektórych aminokwasów, mających m.in. zdolność do dezaktywacji wolnych rodników lub chelatowania jonów metali. Autorzy znacznej części prac koncentrowali się na właściwościach białek zwierzęcych w kontekście działania przeciwutleniającego. W latach 90. XX wieku pojawiły się także znaczące publikacje, dotyczące właściwości białek soi, ich hydrolizatów i projektowanych na ich bazie peptydów. Natomiast brak było doniesień na temat działania przeciwutleniającego białek krajowych roślin strączkowych.

Tematyka ta wzbudziła moje zainteresowanie i stała się podstawą pracy magisterskiej, którą realizowałem w Samodzielnym Zakładzie Oceny Jakości Żywności pod kierunkiem Prof. dr hab. Mirosławy Klepackiej – „Antyoksydacyjne właściwości izolatu i hydrolizatów białka grochu (*Pisum sativum*)”. Po obronie pracy magisterskiej podjąłem studia doktoranckie na Wydziale Technologii Żywności SGGW w Warszawie (obecnie Wydział Nauk o Żywności), podczas których kontynuowałem studia nad budową, właściwościami i aktywnością przeciwutleniającą frakcjonowanych białek grochu i fasoli. Badania te zaowocowały publikacjami i były kontynuowane przeze mnie w kolejnych latach (artykuły II.D.1, II.D.2, II.D.3; pełnotekstowe publikacje w materiałach konferencyjnych II.D.24, II.D.30; doniesienia na konferencjach III.B.1-8, III.B.11, III.B.38).

W wyniku prowadzonych badań stwierdziłem znaczącą aktywność przeciwutleniającą podstawowych białek zapasowych nasion roślin strączkowych, globulin. Była ona potwierdzona wobec kwasu linolowego, poddanego utlenianiu w roztworze w temperaturze 60°C. Aktywność ta rosła w wyniku trawienia enzymatycznego pepsyną i (w większym stopniu) proteinazą N, enzymem pochodzenia bakteryjnego. Z kolei w badaniach wobec kationorodników ABTS odnotowano aktywność preparatu z nasion fasoli porównywalną z wartością określoną dla Troloxu w molowych jednostkach TEAC i wyższą od aktywności globulin grochu. Aktywność przeciwrodnikowa spadała jednak po hydrolizie enzymatycznej białek fasoli, w przeciwieństwie do wartości otrzymanych po zastosowaniu hydrolizatów globulin grochu. Zmiany aktywności przeciwutleniającej odnotowane w omówionych wyżej doświadczeniach nie korelowały jednak ze zmianami powierzchniowej

hydrofobowości aromatycznej preparatów białkowych, do których doszło w wyniku działania enzymów proteolitycznych.

W ramach kolejnej pracy badawczej białka nasion krajowych roślin strączkowych frakcjonowałem metodą dializy i wytrącania w punkcie izoelektrycznym na podstawowe frakcje albumin i globulin. Preparaty albumin zastosowane w roztworze kwasu linolowego hamowały jego oksydację, w największym stopniu na etapie powstawania nadtlenu (77-96%), w nieco mniejszym stopniu na poprzedzającym etapie powstawania dienów sprzężonych (68-88%) i wtórnych produktów autooksydacji (36-84%). Proces ten powodował jednak utratę reszt tryptofanu w zastosowanych preparatach przy prawie niezmienionej zawartości lizyny i kilkukrotnym wzroście zawartości pochodnych karbonylowych białek. Albuminy wykazywały aktywność w układach modelowych wykorzystujących rodniki ABTS, DPPH i hydroksylowe. Największą aktywność wykazywały badane preparaty wobec rodników ABTS, niezależnie od pochodzenia botanicznego. Wprowadzenie kwasu askorbinowego do układów zawierających kwas linolowy powodowało wzrost oznaczonej aktywności w przypadku układów heterofazowych oraz zróżnicowane efekty w przypadku roztworów. Obecność albumin pozwoliła na lepsze zachowanie kwasu askorbinowego w warunkach wymuszonego procesu oksydacyjnego niż w próbkach kontrolnych. Wykazano także ochronny wpływ tych białek na  $\beta$ -karoten, poddany działaniu produktów autooksydacji kwasu linolowego. Wpływ ten był zależny od zawartości albumin w układzie i w części przypadków można było wyznaczyć optymalny dodatek preparatu. Podobnie, globuliny roślin strączkowych wykazywały aktywność w układach oksydacyjnych. Lepszą aktywność przeciwrodnikową stwierdzono w przypadku złożonych głównie z frakcji 7S globulin fasoli, zaś w odniesieniu do kwasu linolowego poddanego autooksydacji – zawierających głównie białka 11S globulin bobu i grochu. Stwierdzono korelację omawianej aktywności z zawartością dostępnych na powierzchni białka grup tiolowych, lecz wyłącznie w odniesieniu do aktywności wobec rodników. Może to wskazywać na bardziej złożone przemiany konformacyjne białek w obecności hydrofobowych cząsteczek kwasu linolowego.

Nasiona roślin strączkowych należą do grupy surowców spożywczych, które poza składnikami ważnymi z żywieniowego punktu widzenia zawierają także znaczące ilości substancji bioaktywnych, jak np. izoflawonów i innych związków fenolowych. Jak pokazały wcześniejsze badania, do składników o działaniu przeciwutleniającym można zaliczyć także związki o charakterze aminowym. Także niektóre pochodne naturalnych składników nasion roślin strączkowych, często powstające w wyniku procesów termicznych, wykazują silne właściwości przeciwutleniające. Dzięki mnogości tworzących je związków oraz ich chemicznej i biologicznej złożoności, mogą one wykazywać działanie ochronne i wpływać na układy fizjologiczne człowieka, takie jak immunologiczny, hormonalny, nerwowy czy trawienny. Składniki żywności ulegają jednak różnym przemianom, zarówno poddane procesom technologicznym, jak i podczas następującego po nich przechowywania produktów

spożywczych. Zmiany te mogą być korzystne z punktu widzenia jakości związków bioaktywnych lub ich aktywności, lecz bardzo często są przyczyną utraty początkowych właściwości prozdrowotnych surowców, w tym opartych na działaniu przeciwutleniającym. Nie sposób całkowicie ich uniknąć, ponieważ większość surowców wymaga przetwarzania, zwykle obejmującego operacje hydrotermiczne, termiczne lub biotechnologiczne. Celowe jest natomiast przebadanie wpływu procesów technologicznych na bioaktywne składniki zawarte w żywności oraz poszukiwanie parametrów procesów i warunków przechowywania, które pozwolą na dostarczenie konsumentowi żywności o jak największej wartości. Omawiany zakres badań realizowany był w znacznym stopniu dzięki projektowi badawczemu PBZ-KBN-094/P06/2003/02 „Wpływ procesów sterylizacji, zamrażania i gotowania na właściwości związków przeciwutleniających wybranych roślin strączkowych”, którego byłem kierownikiem. Celem zainicjowanych przeze mnie badań było określenie zawartości substancji o właściwościach przeciwutleniających obecnych w nasionach roślin strączkowych szeroko uprawianych w Polsce (groch, fasola biała i szparagowa, bób) oraz modyfikacji, jakim ulegają te substancje pod wpływem procesów stosowanych do ich utrwalania (zamrażanie, sterylizacja w opakowaniach metalowych) i obróbki kulinarnej. Całość miała na celu oszacowanie znaczenia przemian i interakcji, jakim ulegają poszczególne grupy przeciwutleniaczy, dla zapewnienia dostarczenia efektywnie działających przeciwutleniaczy biologicznych do organizmu człowieka. Badania uzupełniono o dane uzyskane w procesach przemysłowych, co umożliwiło porównanie procesów zaprojektowanych w projekcie do przeprowadzenia w skali półtechnicznej ze stosowanymi w rzeczywistości w przemyśle. Prowadzono je przy użyciu ekstraktów zawierających związki fenolowe oraz zawierających związki aminowe. Określano zawartość związków fenolowych oraz istotnej ich grupy, jaką są taniny skondensowane, zawartość związków aminowych i ich frakcji oraz aktywność wydzielonych związków wobec rodników ABTS i DPPH oraz wobec kwasu linolowego, poddanego autooksydacji i utlenianiu katalizowanemu przez dodatek lipooksygenazy. Analizowano zarówno surowiec o dojrzałości technologicznej, przetwarzany następnie w różnych wariantach w skali laboratoryjnej i w skali przemysłowej, jak i materiał przetworzony, a następnie przechowywany w różnych warunkach (związanych ze sposobem utrwalenia) przez różny czas.

W wyniku badań surowego materiału stwierdziłem wraz z zespołem, że największą aktywnością charakteryzowały się nasiona bobu oraz fasoli białej, następnie groszku zielonego, zaś fasola szparagowa miała najmniej istotny, w porównaniu z pozostałymi, efekt antyoksydacyjny. Zaobserwowaliśmy różnorodne zmiany zawartości poszczególnych frakcji badanych przeciwutleniaczy. Właściwości przeciwutleniające uległy w wyniku prowadzonych procesów technologicznych pewnej modyfikacji, na ogół pogorszeniu w badaniach wobec rodników i niejednokierunkowym przemianom w procesach oksydacyjnych kwasu linolowego, w zależności od przetwarzanego materiału, rodzaju przeciwutleniaczy i zastosowanego procesu. Zmiany te zostały



szczegółowo przeanalizowane w przygotowanych publikacjach (II.A.4, II.A.7, II.D.9, II.D.10), opracowaniach opublikowanych w całości w materiałach konferencyjnych (II.D.25, II.D.28) oraz w formie doniesień na konferencje (II.B.12, III.B.13, III.B.16, III.B.18-23, III.B.26, III.B.28, III.B.30, III.B.31, III.B.536). Zaobserwowano szczególnie dużą utratę aktywności antyoksydacyjnej fasoli białej na skutek rehydratacji suchych nasion, związanej z dużą zmianą zawartości suchej substancji oraz migracji związków przeciwutleniających do zalewy; nie jest także wykluczona termiczna inaktywacja części związków. W efekcie przeprowadzonych badań, jako najlepsze źródło związków przeciwutleniających zarówno o charakterze aminowym, jak i fenolowym spośród powszechnie uprawianych i spożywanych w kraju roślin strączkowych poddanych badaniom należy wskazać bób. Polipeptydy i polifenole obecne w nasionach bobu były lepszymi przeciwutleniaczami od uzyskanych z nasion fasoli, również na skutek wykazywanej większej aktywności przy mniejszej zawartości.

Spośród zastosowanych w doświadczeniach typowych procesów utrwalania roślin strączkowych generalnie efektywniejszym w zachowaniu pojemności przeciwutleniającej materiału świeżego jest zamrażanie. Nie stwierdzono jednoznacznej przewagi któregoś z wariantów prowadzenia procesu (tradycyjny: blanszowanie w wodzie o temperaturze 96°C i zamrażanie w temperaturze -18°C lub zmodyfikowany: blanszowanie parą w temperaturze 100°C i zamrażanie w temperaturze -35°C). W przypadku bobu, biorąc pod uwagę wyniki określania aktywności przeciwutleniającej metodą z ABTS, po przeanalizowaniu wpływu samego procesu zamrażania (w połączeniu z przeponowym rozmrożeniem) stwierdzono przewagę procesu zmodyfikowanego, zaś po uwzględnieniu gotowania badanego produktu (czyli doprowadzenia go do postaci gotowej do spożycia) lepszy okazał się wariant tradycyjny. Obie grupy przeciwutleniaczy (fenolowe i aminowe) były jednak najlepiej zachowane przy gotowaniu świeżego materiału (lub poddanemu szybkiemu przetwarzaniu w warunkach przemysłowych), a dopiero w drugiej kolejności przy zamrażaniu i gotowaniu.

Zebrane przez mnie podczas realizacji projektu doświadczenia stały się także podstawą do współautorstwa monografii „Przeciwutleniacze w żywności” pod redakcją Prof. dr hab. Włodzimierza Grajka.

Jak już wspomiano wcześniej, nasiona roślin strączkowych są bogatym źródłem składników odżywczych oraz bioaktywnych. Bardzo dobrze poznane są zawarte w nich białka, przedstawiono również wiele wyników badań odnoszących się do związków biologicznie czynnych (zajmował się tym także mój zespół badawczy). Stosunkowo słabo poznana jest natomiast i wykorzystana technologicznie skrobia roślin strączkowych. Daje ona ciekawe żywieniowo możliwości aplikacyjne, gdyż zawiera znaczne ilości skrobi odpornej i nie jest szybko trawiona w przewodzie pokarmowym człowieka. Tematyka ta była podjęta w ramach projektu finansowanego ze środków MNiSW „Wpływ izolacji skrobi z nasion roślin strączkowych i modyfikacji hydrotermicznej na udział skrobi wolno



trawionej i skrobi odpornej” (N N312 114238), w którym brałem udział w opracowaniu koncepcji i wykonywałem badania, dotyczące frakcji lipidowej nasion i uzyskanych z nich preparatów skrobi, a także brałem udział w opracowaniu wyników i przygotowaniu publikacji (II.A.8, II.A.10, II.D.20) oraz doniesień na konferencjach (III.B.46, III.B.49-51).

W badaniach wykorzystano nasiona bobu, lędźwianu, fasoli zwyczajnej, fasoli wielokwiatowej, grochu i soczewicy. Nasiona poddawano namoczeniu, gotowaniu i (ewentualnie) zamrażaniu lub sterylizacji bez namaczania. Po procesach nasiona suszono, mielono i przesiewano. W tak przygotowanym materiale oznaczano skład chemiczny (skrobia ogółem, amyloza, popiół, białko ogółem, tłuszcz całkowity i związany oraz związki fenolowe). Ponadto, przy pomocy metody wieloenzymatycznej oznaczano zawartość poszczególnych frakcji skrobi – szybko trawionej (RDS), wolno trawionej (SDS) i odpornej (RS). Gotowanie nasion powodowało zmniejszenie lub utrzymanie wyjściowej zawartości popiołu i polifenoli oraz zwiększenie lub utrzymanie wyjściowej zawartości białka i znacznie zmniejszenie SDS i często także RS, co było wynikiem kleikowania skrobi. Zmiany zawartości tłuszczu były niewielkie i niejednoznaczne w kontekście ich kierunku. Jest to wynikiem zmian suchej substancji nasion oraz utraty części związków na skutek ich ekstrakcji. Zakres zmian wszystkich oznaczanych składników był uzależniony od pochodzenia botanicznego nasion. Po przechowywaniu w stanie zamrożonym zmiany w składzie chemicznym i strawności skrobi były nieznaczne i polegały na ogół na wzroście zawartości frakcji RS, na skutek retrogradacji skrobi (w przypadku nasion grochu i lędźwianu – także SDS), natomiast w mące otrzymanej po sterylizacji stwierdzono mniejsze straty polifenoli i wzrost zawartości RS i SDS (przy nieznacznych zmianach pozostałych parametrów składu nasion), stąd indeks szybkości trawienia skrobi był niższy. Po tym procesie udział RS i SDS był najbardziej zbliżony do ich udziału w nasionach niemodyfikowanych. Przeprowadzone badania doprowadziły do wniosku, że odpowiednio dobrane warunki obróbki technologicznej nasion wybranych roślin strączkowych mogą pozwolić na ograniczenie strat związków fenolowych i otrzymanie preparatów skrobi o obniżonym indeksie glikemicznym. Potwierdzono ponadto ujemną korelację pomiędzy indeksem szybkości trawienia skrobi i zawartością w niej amylozy.

## **5.2. Aktywność przeciwutleniająca oznaczana w różnych warunkach prowadzenia badań**

Spostrzeżenia poczynione przeze mnie w ramach zagadnienia 5.1., szczególnie podczas przygotowywania doktoratu i w badaniach realizowanych bezpośrednio po nim, zaowocowały różnymi przemyśleniami dotyczącymi metod i warunków prowadzenia oznaczeń aktywności przeciwutleniającej i zmian w przeciwutleniaczach oraz znaczenia uzyskiwanych w efekcie takich doświadczeń wartości. Oznaczona w badaniach aktywność przeciwutleniająca nie stanowi jednolitego

parametru, wyznaczanego w pewien standardowy sposób. Nie dość, że stosowane są w pracach różnych autorów niejednakowe metody prowadzenia badań, to bywają one modyfikowane zgodnie z intencjami badaczy. Próbkę do badań bywają także przygotowywane w zróżnicowany sposób. Prowadząc bardziej rozbudowane badania działania przeciwutleniającego składników żywności, czyli stosując równolegle różne metody badawcze, nie sposób nie zauważyć, że uzyskiwane za ich pomocą wyniki różnią się nie tylko co do wyznaczonej wartości, lecz także sekwencji. Rozważania nad wpływem zmiennych parametrów metod analitycznych na wyznaczone przy ich użyciu działanie przeciwutleniaczy prowadziłem, realizując tematy badawcze w obrębie niniejszego zagadnienia.

Doświadczenia z tego zakresu przeprowadziłem wraz z zespołem m.in. przy użyciu białek zwierzęcych (opublikowane w formie artykułów II.A.1, II.D.4, II.D.7, II.D.8, pełnotekstowych doniesień w materiałach konferencyjnych II.D.26 i II.D.27 oraz przedstawione jako komunikaty na konferencjach: II.B.9, II.B.14, II.B.15, II.B.17, II.B.24, II.B.29, II.B.34). Preparaty handlowe albumin zwierzęcych, pochodzących z części białkowej jaja kurzego (albumina żelująca i pianista), wykazywały dobrą aktywność wobec kationorodników ABTS, choć ustępowały wszystkim białkom jaja kurzego i szczególnie lizozymowi w inhibicji autooksydacji kwasu linolowego. Ponownie obserwowano w następstwie uczestnictwa w procesie oksydacyjnym degradację tryptofanu i tworzenie się pochodnych karbonylowych, a także polimeryzację białek. W badaniach modyfikacji białek serwatkowych zauważono, przy umiarkowanym ogrzewaniu, wzrost powierzchniowej hydrofobowości aromatycznej i zawartości grup tiolowych. Dłużej prowadzony proces powodował utlenianie grup tiolowych, powstawanie produktów reakcji Maillarda i polimeryzację białek. Ograniczone ogrzewanie miało pozytywny wpływ na właściwości przeciwutleniające preparatów, które były skorelowane z zawartością powstających pochodnych karbonylowych białek. Wybrane białka zwierzęce (kazeinę,  $\beta$ -laktoglobulinę i owoalbuminę) poddano także modyfikacji oksydacyjnej, w celu zbadania wpływu ekspozycji na rodniki hydroksylowe oraz kwas linolowy poddany autooksydacji na ich strawność, przy pomocy pepsyny oraz układu trypsyna-chymotrypsyna. Uzyskane efekty były niejednoznaczne w przypadku poszczególnych białek: wpływ procesów oksydacyjnych na strawność kazeiny był znikomy, zmodyfikowana oksydacyjnie owoalbumina okazała się podatniejsza na hydrolizę enzymatyczną, zaś w przypadku  $\beta$ -laktoglobuliny modyfikacja ułatwiała trawienie pepsyną, lecz utrudniała działanie trypsyny i chymotrypsyny.

Stwierdzono także synergistyczne działanie kazeiny i jej hydrolizatu z przeciwutleniaczami drobnocząsteczkowymi: kwasem askorbinowym i  $\beta$ -karotenem, szczególnie istotne w połączeniu białka modyfikowanego z karotenem, białka niemodyfikowanego z kwasem askorbinowym i obu przeciwutleniaczy drobnocząsteczkowych. W badaniach wykorzystano także modyfikację, polegającą na przyłączeniu kwasu galusowego i kawowego do preparatów białek serwatkowych. Połączenia te powodowały zmiany strukturalne białek i zawartość dostępnych do reakcji wybranych aminokwasów.

Aktywność takich połączeń była większa niż składników (a szczególnie białek), a zmiany w białkach modyfikowanych pod wpływem procesu oksydacyjnego były ograniczone.

W ramach tego zagadnienia badawczego przeprowadziłem porównanie zachowania się modelowych przeciwutleniaczy, albumin roślinnych i zwierzęcych, wobec wolnych rodników i nadtlenków kwasu linolowego, lecz wytwarzanych w reakcjach innych niż najczęściej spotykane, a mianowicie katalizowanych enzymatycznie. Zaobserwowano, że albuminy wykazują znaczącą aktywność także w takich reakcjach. Wobec anionorodników ponadtlenkowych wydzielanych w reakcji katalizowanej przez oksydazę ksantynową albuminy pochodzenia zwierzęcego były wyraźnie mniej aktywne od roślinnych, podczas gdy w reakcji katalizowanej dodatkiem lipooksygenazy różnice w aktywności poszczególnych białek były minimalne.

W kolejnej pracy, realizowanej w ramach zespołu badawczego, badano wpływ rodzaju rozpuszczalnika i czasu ekstrakcji na zawartość i aktywność przeciwutleniaczy fenolowych zielonej herbaty (publikacja II.D12). Do badań użyto wody, 80% roztworów etanolu, metanolu i acetonu. Ekstrakcję prowadzono przez 15, 30 i 60 min. Stwierdzono wyraźny wpływ warunków prowadzenia ekstrakcji na oznaczoną zawartość polifenoli ogółem (najwyższa w 80% acetonie, następnie w wodzie) oraz katechin (przy użyciu wody ekstrakcji ulegają prawie wyłącznie katechiny). Oznaczone wartości systematycznie, choć nie proporcjonalnie wzrastały wraz z czasem ekstrakcji. Najwyższą aktywność wobec rodników DPPH oznaczono w ekstrakcie uzyskanym przy pomocy 80% acetonu, zaś wobec rodników ABTS – przy pomocy wody. Wpływ czasu ekstrakcji na oznaczoną aktywność był tym większy, im wyższa była aktywność w danym rozpuszczalniku.

Prowadziłem także badania nad wpływem rodzaju emulgatora (niejonowy Tween 40, anionowy stearyoilomleczan sodu i amfoteryczny – frakcja lecytyny sojowej rozpuszczalna w etanolu) na stabilność emulsji oleju słonecznikowego (pH fazy wodnej 4,0 i 5,5) oraz aktywność modelowych przeciwutleniaczy. Stabilność fizyczną emulsji oceniano na podstawie badań rozpraszania światła aparatem Turbiscan Lab Expert, zaś stabilność oksydacyjną mierząc spektrofotometrycznie zawartość powstających nadtlenków oraz zawartość wtórnych produktów autooksydacji (SPME-GC-MS). Najbardziej stabilne fizycznie emulsje uzyskano przy pomocy niejonowego emulgatora, zaś najmniej stabilne – przy pomocy anionowego. Niestabilność fizyczna układów skutkowałą ułatwieniem procesu oksydacyjnego – w emulsji stabilizowanej Tween 40 wykryto najmniejsze ilości wtórnych produktów autooksydacji, przeciwnie niż w emulsji wytworzonej przy użyciu anionowego emulgatora. Badane przeciwutleniacze wykazały zróżnicowane właściwości na dwóch etapach autooksydacji. Wobec nadtlenków najbardziej efektywna okazała się w zastosowanych układach modelowych mieszanina kwasu askorbinowego i  $\alpha$ - tokoferolu, podczas gdy najniższe poziomy wtórnych produktów reakcji wykryto w próbkach zawierających defosforylowaną kazeinę, także w połączeniu z tokoferolem. Działanie białka było jednak niejednoznaczne – w emulsji stabilizowanej

anionowym emulgatorem kazeina wykazała aktywność przeciwutleniającą w pH 4,0, czyli poniżej swojego pI, zaś w emulsji stabilizowanej amfoteryczną lecytyną – w pH 5,5, a więc powyżej pI. Uzyskane wyniki opublikowałem wraz z zespołem w pełnotekstowych materiałach pokonferencyjnych (II.D.29, po komunikacie konferencyjnym III.B.36).

Realizując kolejny temat badawczy, przeprowadziłem ze współpracownikami analizę aktywności przeciwutleniaczy w procesach katalizowanych enzymatycznie poprzez dodatek lipooksygenazy i oksydazy ksantynowej (komunikat III.B.37). W badaniach ponownie wykorzystano przeciwutleniacze drobnocząsteczkowe, kwas askorbinowy i  $\beta$ -karoten oraz dwa biopolimery: defosforylowaną kazeinę i skrobię. Zastosowano jednofazowe i emulsyjne układy modelowe, te ostatnie stabilizowane przy użyciu anionowego sodowego siarczanu dodecyłu, niejonowego Tritonu oraz kationowego bromku heksadecylotrimetyloamonu. Wykazano, że utleniany substrat (kwas linolowy) ulegał szybszej reakcji po zastosowaniu enzymu działającego bezpośrednio (lipooksygenaza) niż pośrednio (oksydaza ksantynowa wytwarzająca anionorodnik ponadtlenkowy). Roztwór kwasu linolowego był lepiej chroniony przed utlenianiem poprzez dodatek kwasu askorbinowego niż karotenu, który był aktywny tylko w emulsjach. Kazeina była aktywna w obu układach, zaś efekty zastosowania skrobi były nieznaczne. Zauważono wpływ jonizacji emulgatora na aktywność przeciwutleniaczy, szczególnie wyraźny w przypadku związków ulegających dysocjacji. Odnotowano także zróżnicowane efekty wzrostu dodatku przeciwutleniaczy w układach modelowych (wzrost oraz spadek aktywności przy przekroczeniu optymalnej dawki).

Zebrane przy realizacji tego zagadnienia badawczego doświadczenia (opublikowane w formie przedstawionej powyżej oraz jako publikacja II.D.6 i komunikaty III.B.25 i III.B.56) stały się kanwą do wyznaczenia sobie celów badawczych przed realizacją głównego osiągnięcia naukowego, o którym mowa w art. 16 ust. 2 Ustawy, a które jest podstawą wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

### **5.3. Wybrane właściwości prozdrowotne składników warzyw**

Warzywa są istotnym źródłem składników odżywczych oraz związków bioaktywnych, które spożywane wraz z dietą mają duże znaczenie w zachowaniu równowagi oksydoredukcyjnej organizmu człowieka. Wynika to w dużej mierze z obecności aktywnych przeciwutleniaczy drobnocząsteczkowych. Wyniki moich dociekań w tym obszarze badawczym przedstawiłem w formie publikacji II.D.5, II.D.19, II.D.21 oraz jako komunikaty III.B.10, III.B.33, III.B.42-44, III.B.47. Uwzględniłem tu także efekty naukowe innego z moich zainteresowań badawczych, porównania zawartości istotnych składników w produktach ekologicznych i konwencjonalnych (publikacja II.D.21, referat wygłoszony podczas 8th Baltic Conference on Food Science and Technology, komunikat

III.B.47), co wiąże się z pojawiającymi się w literaturze przypuszczeniami nt. możliwej wyższej zawartości niektórych elementów składu podstawowego i związków bioaktywnych w produktach rolnictwa ekologicznego.

W pierwszym realizowanym z zakresu tego zagadnienia badawczym temacie badawczym, którego tematyka dotyczyła właściwości przeciwutleniających związków występujących w warzywach, stwierdziłem lepszą aktywność preparatu karotenoidów uzyskanego z pomidora w porównaniu ze związkami wyekstrahowanymi z papryki. Likopen wraz z towarzyszącymi karotenoidami nieznacznie ustępował pod względem aktywności czystemu preparatowi  $\beta$ -karotenu wobec wolnych rodników i w reakcji autooksydacji wobec nadtlenków. Karotenoidy nie hamowały jednak w dużym stopniu powstawania wtórnych produktów reakcji. Ich aktywność była natomiast wyraźnie lepsza w procesie katalizowanym dodatkiem lipooksygenazy w układzie emulsyjnym.

W kolejnej pracy weryfikowano wpływ gotowania i mrożenia na zawartość i aktywność składników brokułów – warzyw cenionych przez konsumentów, ze względu na wartość odżywczą, zawartość związków bioaktywnych i dostępność. Z punktu widzenia zawartości związków fenolowych korzystniejsze okazało się poddanie obróbce termicznej brokułów świeżych. Proces obróbki termicznej wpływał jednoznacznie korzystnie na dostępność karotenoidów, podczas gdy zawartość kwasu askorbinowego znacząco spadała (podobnie jak po samym mrożeniu). Wykazano aktywność ekstraktów w dezaktywacji rodników ABTS i DPPH oraz ich zdolność do chelatowania jonów żelaza(II), lecz jedynie aktywność oznaczona w metodzie z DPPH była skorelowana z zawartością związków fenolowych, katechin i karotenoidów.

W ramach omawianego zagadnienia badawczego oznaczano także zawartość składników aktywnych o działaniu przeciwutleniającym buraków ćwikłowych (betalain oraz polifenoli), a także aktywność przeciwutleniającą ich składników w układach modelowych. Określono wpływ procesów gotowania i suszenia na zawartość i aktywność przeciwutleniaczy. Dokonano także analizy tych parametrów w przetworach uzyskanych z buraków (produkt mrożony, suszony i koncentrat soku), dostępnych w handlu. Stwierdzono zróżnicowanie zawartości przeciwutleniaczy w badanym materiale (większe w przypadku betalain niż polifenoli), które nie zależało od zawartości w nich suchej substancji. Przetworzone buraki charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem (ośmiokrotna różnica) zdolności chelatowania prooksydacyjnych jonów Fe(II), a ich aktywność przeciwrodnikowa była w zakresie 81-154 mg Trolox/100 g s.m. Największą rozpiętość odnotowano w przypadku produktów handlowych – minimalną aktywnością charakteryzował się koncentrat soku, zaś maksymalną – produkt mrożony i susz przemysłowy. Dowiedziono, że proces suszenia nie powodował degradacji składników antyoksydacyjnych, zaś gotowanie materiału badawczego powodowało obniżenie aktywności o 17%. Największą aktywność przeciwutleniającą wobec kwasu



linolowego spośród produktów handlowych stwierdzono także w burakach mrożonych, następnie w suszu, a najmniejszą w koncentracji i w warzywach surowych.

Do mało poznanych źródeł związków o działaniu przeciwutleniającym należą grzyby. Są one często traktowane jako składniki diety o ciekawych walorach sensorycznych, lecz bez dużego znaczenia w żywieniu człowieka. W zainicjowanych przez mnie badaniach określono zawartość i właściwości związków fenolowych pochodzących z pieczarki białej, bocznika ostrygowatego oraz grzybów dziko rosnących – mleczaja rydza, opieńki miodowej i pieprznika jadalnego. Największą zawartością związków fenolowych charakteryzowały się owocniki dwóch gatunków grzybów hodowlanych (około 70 mg%), a najmniejszą owocniki pieprznika jadalnego (około 20 mg%). Te pierwsze cechowały się największą zdolnością do dezaktywacji rodników ABTS i DPPH, podczas gdy części jadalne mleczaja rydza były źródłem związków najsilniej hamujących utlenianie kwasu linolowego katalizowane dodatkiem hemoglobiny. Związki fenolowe dwóch gatunków grzybów, opieńki i pieprznika jadalnego, wykazywały bardzo dobrą zdolność chelatowania prooksydacyjnych jonów żelaza(II) – 560-700  $\mu\text{mol Fe}/100\text{ g}$ .

Kwestię porównania zawartości składników bioaktywnych w produktach rolnictwa konwencjonalnego i ekologicznego uwypuklono, podejmując tematykę zawartości związków o potwierdzonym działaniu przeciwnowotworowym w oferowanych konsumentom warzywach pochodzących z obu rodzajów upraw. Badano zawartość wybranych składników w warzywach, które stanowią ich znaczące w diecie źródło: kwercetyny w żółtej i czerwonej cebuli,  $\beta$ -karotenu w marchwi, likopenu w pomidorach, glukozynolanów w brokułach, kapuście i kalafiorach, pochodnych allicyny w czosnku, tokoferolu w kapuście, kwasu askorbinowego w brokułach, cynku w kapuście oraz cynku i selenu w czosnku. Na podstawie uzyskanych wyników i przeprowadzonej analizy statystycznej nie stwierdzono, by oferowane na rynku produkty pochodzące z rolnictwa konwencjonalnego lub ekologicznego w sposób jednoznacznie lepszy zapewniały dostępność badanych związków. Dobre źródła naturalnych antykarocynogenów były wśród pomidorów, czosnku, brokułów i kalafiorów z upraw ekologicznych, a także m.in. stanowiła je uprawiana konwencjonalnie kapusta. Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że rozpatrując zawartość związków bioaktywnych w warzywach oferowanych na rynku należy uwzględnić wpływ wielu innych czynników, m.in. odmiany rośliny, lokalizacji upraw i warunków pogodowych, a nie wyłącznie typu uprawy. Zainteresowanie tą tematyką zaowocowało także artykułem przeglądowym nt. związków o takim działaniu w żywności (II.D.15).

W obrębie tego zagadnienia badawczego podjęto się także opisanie wybranych parametrów jakości soków pomidorowych i marchwiowych. Stwierdzono, że spośród analizowanych soków marchwiowych na szczególną uwagę zasługuje sok ekologiczny dla dzieci, który zawierał największą ilość karotenoidów oraz związków fenolowych i w efekcie wykazywał najwyższą aktywność



przeciwutleniającą. Charakteryzował się on również dość niską zawartością sacharozy. Wśród soków pomidorowych pod względem składu wyróżniał się także sok ekologiczny, zawierał on bowiem najwięcej karotenoidów. Cechowała go również niska zawartość sodu (51 mg%) i najwyższa zawartość potasu (295 mg%). Tematykę tę kontynuowano, stosując w badaniach popularne wśród konsumentów soki owocowe, pomarańczowe, o znacznej rozpiętości ceny detalicznej. Stwierdzono bardzo niewielkie zróżnicowanie zawartości ekstraktu i suchej substancji soków, a nieco większe – zawartości cukrów, szczególnie bezpośrednio redukujących. Wyraźną zmienność odnotowano w zawartości popiołu (0,3-0,7%), a trochę mniejszą w zawartości potasu (115-167 mg%), przy wielokrotnie mniejszych poziomach sodu (3-6 mg%). Spośród przebadanych przeciwutleniaczy zawartość polifenoli była znacznie mniej zróżnicowana od zawartości labilnego kwasu askorbinowego (prawie dwukrotne różnice zawartości). Największe poziomy aktywności przeciwutleniającej stwierdzono w przypadku produktu najtańszego (marka jednej z sieci handlowych) oraz producenta o uznanej pozycji na rynku, natomiast najmniejsze – w przypadku droższych produktów uzyskanych ze świeżych owoców oraz z owoców z uprawy ekologicznej.

#### **5.4. Związki bioaktywne w owocach i orzechach**

W pracach nad wartością owoców jako źródła przeciwutleniaczy zespół realizujący badania, z których część zainicjowałem, skupił się początkowo przede wszystkim na materiale roślinnym utrwalonym poprzez suszenie (publikacje **II.A.3**, **II.A.13**, **II.A.14**, pełnotekstowe materiały konferencyjne **II.D.31**, komunikaty **III.B.35**, **III.B.39-41**). W badaniach wykorzystano rodzynki, śliwki, morele oraz zwyczajowo zaliczane do owoców orzechy (ziemne, włoskie, laskowe i pistacjowe). W przygotowanych w różnych rozpuszczalnikach ekstraktach oznaczano zawartość związków fenolowych ogółem i katechin, a także witaminy C (śliwki i morele), karotenoidów (morele) oraz związków aminowych, steroli i tokoferoli (orzechy). Zawartość związków fenolowych w owocach wynosiła od około 500 do około 800 mg%, a zawartość katechin stanowiła od około 10 do 70% związków fenolowych. W orzechach frakcją dominującą nad katechinami (160-200 mg%) były taniny (900-5400 mg%, z wyjątkiem niemal pozbawionych ich orzechów ziemnych). Zawartość związków aminowych wynosiła około 30%, zaś we frakcji niepolarniej orzechów stwierdzono występowanie przede wszystkim  $\beta$ -sitosterolu i form  $\alpha$ - oraz  $\gamma$ -tokoferolu. Ekstrakty badanych owoców wykazywały silne właściwości przeciwutleniające i przeciwrodnikowe, a szczególnie dotyczy to ekstraktów zawierających związki fenolowe. W przypadku orzechów pistacjowych, laskowych i włoskich za aktywność wobec rodników DPPH odpowiadały przede wszystkim związki fenolowe i składniki niepolarne, podczas gdy w orzechach ziemnych największą aktywność wykazał ekstrakt zawierający związki aminowe. Po wprowadzeniu przeciwutleniaczy wydzielonych z badanych orzechów,

odwzorowując ich zawartości w materiale wyjściowym, do układu emulsyjnego, symulującego warunki procesu oksydacyjnego panujące w organizmie człowieka, stwierdzono bardzo wyrównaną aktywność przeciwutleniaczy zawartych w orzechach ziemnych, laskowych i pistacjowych i prawie dwukrotnie większą zdolność przeciwutleniaczy orzechów włoskich do hamowania autooksydacji kwasu linolowego.

W ramach tego zagadnienia podjąłem również badania we współpracy z pracownikami Wydziału Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu oraz Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; analizowano w nich zawartość i aktywność przeciwutleniaczy w uprawianych w warunkach krajowych owocach kiwi (*Actinidia* sp.). W ramach prac zespołu badawczego dokonano szczegółowej charakterystyki owoców i oznaczano w nich zawartość witaminy C, związków fenolowych oraz aktywność przeciwutleniającą wobec rodników ABTS, DPPH i w układzie modelowym, w którym generowano rodniki hydroksylowe. Przebadano ogółem owoce pochodzące z krzewów 6 gatunków *Actinidia*, w tym 7 klonów *Actinidia arguta* lub ich hybryd. Stwierdzono, że badane owoce, niezależnie od zmienności wynikającej z różnic genetycznych oraz warunków pogodowych na przestrzeni 3 lat, w których pozyskiwano owoce, są istotnym źródłem witaminy C (50-200 mg%) i związków fenolowych (100-300 mg%). Zawartość tych związków była dodatnio skorelowana z ich aktywnością wobec rodników DPPH i ABTS, lecz nie z wartościami wyznaczonymi z wykorzystaniem rodników hydroksylowych (znacząca ujemna korelacja z pozostałymi danymi). Wynika to prawdopodobnie z potwierdzonych prooksydacyjnych właściwości niektórych przeciwutleniaczy o dużym znaczeniu biologicznym (kwas askorbinowy, glutation) w tym układzie modelowym. W badaniach udało się ponadto zidentyfikować wśród związków fenolowych 7 kwasów fenolowych, kwercetynę, (+)katechinę i (-)epikatechinę. W owocach *A. macrosperma* i *A. purpurea*, które cechowały się wyjątkową różnorodnością składu fenoli, udało się zidentyfikować jedynie około 50% związków fenolowych. Omawiane badania zaowocowały publikacjami II.A.5 i II.A.9.

### **5.5. Napoje o dużej zawartości związków bioaktywnych**

Materiałem badawczym tej grupy prac były przede wszystkim napoje, które nie są istotnym źródłem składników odżywczych (lub ich zawartość jest nieznaczną), natomiast są lubiane ze względów sensorycznych i mogą dostarczać znacznych ilości składników bioaktywnych. Napoje te mogą mieć działanie pobudzające (dzięki obecności w nich alkoholu, kofeiny, teiny) lub uspokajające (w herbacie m.in. dzięki obecności specyficznego aminokwasu, teaniny, a także dzięki przechodzeniu do naparu tanin przy przedłużonej ekstrakcji). W ostatnich latach coraz więcej mówi się jednak o właściwościach bioaktywnych składników takich napojów, innych niż pobudzające. Ta część badań

została opublikowana w formie artykułów (II.A.2, II.A.12, II.D.11, II.D.16, II.D.23) oraz przedstawiona jako komunikaty na konferencjach (III.B.27, III.B.32, III.B.52, III.B.55, III.B.59, III.B.61). Ponadto, w zakresie moich zainteresowań naukowych leżała tematyka jakości napojów, nektarów i soków owocowych dostępnych na rynku. Efektem prac w tym zakresie były publikacje (II.A.13, II.D.18) oraz komunikaty (III.B.45, III.B.54).

Prace zespołu, który prowadził pod moim kierunkiem badania z tego zakresu, rozpoczęły się od porównania właściwości naparów czterech kaw mielonych i jednej rozpuszczalnej, a także naparów innych roślin: rooibos (*Aspalathus linearis*, Afryka), mate (*Ilex paraguariensis*, Ameryka Południowa), fongru (*Glossogyne tenuifolia*, Taiwan) i zielonej herbaty (*Camellia sinensis*, Chiny). Napary przygotowywano w ten sposób, by w jak największym stopniu odzwierciedlały cechy napojów spożywanych przez konsumentów. Zawartość związków fenolowych w tak przygotowanych naparach kawy była około dziesięciokrotnie większa w odniesieniu do pozostałych naparów, zidentyfikowano w nich (oraz w mate) przede wszystkim izomery kwasu chlorogenowego. Zawartość związków fenolowych w samym materiale badawczym była jednak dość zbliżona. Wyznaczona w układzie z rodnikami hydroksylowymi aktywność kaw była wyraźnie większa niż pozostałych naparów (na co wpływ miał inny stosunek kawy do wody), natomiast w odniesieniu do rodników ABTS po przeliczeniu na 100 g suchej substancji materiału najbardziej efektywne okazały się wyekstrahowane przeciwutleniacze w naparach zielonej herbaty.

Dalej badaniom poddałem zielone herbaty pochodzące z upraw o różnym położeniu geograficznym: Nepal, Wietnam, Chiny (Yunan), Cejlon, Jawa, Taiwan oraz Tanzania. Z herbat sporządzano napary w sposób zalecany dla uzyskania napojów o najlepszych walorach sensorycznych: ekstrakcja wodą o temperaturze 75°C przez 3 min. W naparach oznaczano zawartość i skład związków fenolowych, zawartość kwasu askorbinowego, teaniny i teiny, a także aktywność przeciwutleniającą wyekstrahowanych składników. Zawartość związków fenolowych w naparach leżała w dość szerokich granicach (10-70 mg%), lecz w zdecydowanej większości z nich wokół wartości średniej (30-50 mg%). Zawartość kwasu askorbinowego w naparach była natomiast nieznaczna, przynajmniej dziesięciokrotnie mniejsza niż związków fenolowych. Najmniej związków fenolowych, teaniny i teiny zawierała herbata pochodząca z Tajwanu. Zawartość teaniny w pozostałych naparach wynosiła 2,5-4,0 mg%, a teiny – 11-14 mg%. Były to więc wartości bardzo wyrównane, niezależnie od pochodzenia geograficznego i wielkości cząstek materiału zaparzanego. Wśród związków fenolowych zidentyfikowano kwas galusowy, katechiny z przewagą galusanu epikatechiny, a także niewielkie ilości rutyny. Większość herbat (poza pochodzącą z Tajwanu) bardzo silnie hamowała autooksydację emulsji kwasu linolowego. W badaniach aktywności wobec kationorodników ABTS użyto natomiast 3 kolejnych naparów z tej samej porcji materiału. Aktywność kolejnych naparów ustępowała nieznacznie uzyskanej za pierwszym razem, a niekiedy przy drugim

zaparzeniu była wyższa. Było to wyraźnie związane z wydajnością ekstrakcji, gdyż dotyczyło herbat o dużych, całych liściach.

W kolejnej pracy badano związki bioaktywne win ziołowych (wermutów) i ich działanie przeciwutleniające. Stwierdzono, że badane wina ziołowe miały niską zawartość związków fenolowych w odniesieniu do wartości charakterystycznych dla białych win, co prawdopodobnie wynika z faktu, że nie produkuje się ich z win najwyższej jakości. Zawartość ta nie była powiązana ze zdolnością składników win do chelatowania jonów żelaza(II), aktywnością wobec rodników ABTS, ani ze zdolnością do hamowania procesu utleniania kwasu linolowego. Było to najprawdopodobniej efektem zróżnicowania składu takich związków, wynikającego ze stosowania przez producentów bardzo różnych mieszanek ziołowych. Najmniejszą aktywnością wobec nadtlenków kwasu linolowego w układzie modelowym, zachowującym podstawowe cechy bliskie charakterystycznym dla peroksydacji w organizmie człowieka (temperatura 37°C, pH 7,0 oraz użycie kwasu linolowego jako substratu i hemoglobiny jako prooksydanta), charakteryzowała się próbka o najwyższej cenie detalicznej, a najlepsze właściwości w tym układzie miały wermuty wytwarzane poza Włochami, pochodzące z Chorwacji i Bułgarii. Odnotowano, że główne składniki aromatu badanych wermutów stanowiły alkohole i ich pochodne, estry oraz etery. Efektem obecności tych związków były owocowe nuty w zapachu win, wyraźnie wyczuwane przez oceniających.

Analizowałem także zmiany zawartości składników ziaren kawy w procesie palenia. Stwierdziłem wzrost zawartości cukrów bezpośrednio redukujących, szczególnie duży w końcowych etapach procesu – pomimo zachodzących podczas palenia kawy procesów degradacji sacharydów, np. reakcji karmelizacji. Ich powstawanie z sacharydów długocząsteczkowych jest więc procesem wydajniejszym. Zawartość związków fenolowych z kolei systematycznie spadała. Szybkość procesu była ponownie największa w ostatnim etapie procesu, kiedy ziarno osiąga najwyższą temperaturę. Stwierdzono ponadto, że zmiany aktywności przeciwutleniającej, które są wypadkową procesów degradacji przeciwutleniaczy naturalnych i powstawania nowych (m.in. produktów reakcji Maillarda), były powolniejsze od przemian badanych składników, lecz powodowały jednoznacznie obniżenie działania przeciwutleniającego ekstrahowanych z kawy związków. Porównywałem także jakość kaw rozpuszczalnych dostępnych na rynku, cechujących się zróżnicowanym składem surowcowym i technologią produkcji. Materiał badawczy stanowiły próbki kaw rozpuszczalnych o porównywanej cenie detalicznej: aglomerowana, liofilizowana, zawierająca dodatek zielonych ziaren i zawierająca dodatek cykorii, a także kawa zbożowa i kawy o najniższej i najwyższej cenie w ofercie sklepu wielkopowierzchniowego (odpowiednio suszona rozpyłowo i liofilizowana). Stwierdziłem wraz ze współpracownikami, że kawy instant wyprodukowane wyłącznie z ziaren kawowych charakteryzowały się większą kwasowością, zawartością polifenoli ogółem i lepszymi właściwościami przeciwutleniającymi w porównaniu z właściwościami kaw rozpuszczalnych z dodatkowym

składnikiem roślinnym oraz kaw zbożowych. Najlepszą rozpuszczalnością charakteryzowały się kawy liofilizowana i aglomerowana, wyprodukowane wyłącznie z ziaren kawowych, gorszą natomiast kawy zawierające w składzie dodatkowe surowce roślinne (cykoria, zboża). Pod względem zawartości cukrów redukujących najbardziej różniła się od pozostałych próbek kawa zawierająca w swoim składzie cykorię, a biorąc pod uwagę kwasowość – kawa zbożowa, a następnie także kawa z dodatkiem cykorii. Zawartość związków fenolowych w kawach tradycyjnych była na zbliżonym poziomie, odmiennym od kaw zawierających inne surowce roślinne. Świadczy to o możliwości znacznej modyfikacji podstawowego składu kawy i zawartości związków bioaktywnych przez dodatek innych składników roślinnych.

Ponadto, w ramach tego zagadnienia badawczego obserwowałem m.in. zmiany zawartości wybranych przeciwutleniaczy (kwasu askorbinowego, polifenoli ogółem, karotenoidów ogółem i antocyjanów) oraz aktywności przeciwutleniającej przecierowych napojów owocowych podczas ich przechowywania w temperaturze chłodniczej (5°C) i pokojowej (25°C). Zauważyłem, że zawartość kwasu askorbinowego i fenoli ogółem była wyższa w napoju pomarańczowym w porównaniu z truskawkowym, podobnie jak aktywność przeciwutleniająca wobec rodników ABTS. Składniki napoju truskawkowego natomiast skuteczniej hamowały proces autooksydacji kwasu linolowego. Stwierdziłem, że badane napoje charakteryzowały się dobrymi właściwościami przeciwutleniającymi, a wpływ przechowywania na aktywność napoju pomarańczowego był wyraźnie większy niż w przypadku napoju truskawkowego. Temperatura przechowania różnicowała istotnie większość oznaczanych w badanych próbkach parametrów. Wyjątek stanowiły jedynie zawartości kwasu askorbinowego i aktywności wobec nadtlenu w napoju truskawkowym oraz polifenoli i karotenoidów ogółem w napoju pomarańczowym.

## **5.6. Składniki fazy tłuszczowej produktów spożywczych**

W ramach tego zagadnienia badawczego oznaczano istotne żywieniowo składniki oraz wybrane związki bioaktywne w fazie niepolarniej żywności dostępnej dla konsumentów na warszawskim rynku (publikacje II.A.6, II.A.11, II.D.22 oraz komunikaty III.B.48, III.B.58). Ma to związek z licznymi dowodami naukowymi, wiążącymi składniki diety człowieka z prewencją i hamowaniem rozwoju chorób cywilizacyjnych. W tej grupie badań, w celu porównania obecności cennych żywieniowo składników w rybach utrwalanych przez sterylizację w opakowaniach metalowych oraz w zalewie takich konserw, określano m.in. zawartość tokoferoli w tłuszczu wydzielonym z tuszek ryb i zalewy olejowej konserw. Stwierdzono, że tłuszcz zalew był bogatszy w tokoferole od tłuszczu wyizolowanego z ryb. Jedynym wyjątkiem był tłuszcz z tuńczyka, zawierający około 40 mg% tokoferoli, przy dwukrotnie mniejszym poziomie wykrytym w zalewie. We wszystkich



próbkach stwierdzono przewagę  $\alpha$ - i  $\gamma$ - tokoferolu. Struktura składu tokoferoli pokrywała się w przypadku konserw z tuńczyka i sardynek, lecz była wyraźnie odmienna w tłuszczu łososia i sajry.

W ramach prac zespołu badawczego podjęto także tematykę zmian pod wpływem ogrzewania stabilności oksydacyjnej i zawartości fitosteroli w oleju sojowym z dodatkiem bogatego w związki bioaktywne oleju z rokitnika. Stwierdzono, że takie połączenie pomaga chronić omawiane związki przez ograniczenie zakresu przemian oksydacyjnych, gdyż połączenie oleju sojowego z olejem z rokitnika (1-5%) nie wpłynęło znacząco na zmianę okresu indukcji przemian oksydacyjnych mierzonych testem Rancimat, w odniesieniu do oleju sojowego. Po ogrzewaniu odnotowano stosunkowo niewielkie zmiany całkowitej zawartości fitosteroli w badanych mieszaninach wobec ponad dwukrotnie większej ich utracie w samym oleju z rokitnika, a zawartość produktów oksydacji steroli była powiązana z wielkością dodatku tego oleju. Stwierdzono także, że powstające w badanych próbkach oksysterole były jedynie etapem pośrednim degradacji fitosteroli.

Problematykę zawartości składników niepolarnych żywności kontynuowano, badając frakcję tłuszczową lubianych przez konsumentów orzechów: laskowych, włoskich, brazylijskich, piniowych, pekan, makadamia, nerkowców i pistacji. Zawartość tłuszczu w badanych orzechach była znaczna (co najmniej 47%). Najbogatsze w tę frakcję były orzechy makadamia (75%). W większości przypadków wydzielony tłuszcz tworzyły przede wszystkim kwasy tłuszczowe jednonienasycone, jedynie orzechy brazylijskie, włoskie i piniowe były bogatsze w wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Głównym sterolem wykrytym w tłuszczu wszystkich orzechów był  $\beta$ -sitosterol, a wśród tokoferoli dominowała forma  $\gamma$ . W próbkach wykryto także znaczące ilości skwalenu. Stwierdzono, że wszystkie badane orzechy mają korzystny skład frakcji tłuszczowej i biorąc pod uwagę dostępne dane, ich spożycie może pomóc w zapobieganiu stanom zapalnym organizmu i niektórym chorobom cywilizacyjnym, choć ze względu na dużą zawartość tłuszczu, ich znaczne spożycie nie powinno być zalecane dla osób z nadwagą. Ujęte w publikacji (II.A.11) rozważania prowadzą do wniosku, że spośród związków frakcji lipidowej skład fitosteroli i tokoferoli może w największym stopniu przyczynić się do opisanego pochodzenia geograficznego lub odmianowego orzechów.

## 5.7. Podsumowanie

Mój dorobek naukowy stanowią przede wszystkim:

- monografia naukowa „Ocena wybranych procedur oznaczania aktywności przeciwutleniającej składników żywności”, stanowiąca osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust. 2 Ustawy,
- 34 oryginalne prace twórcze (z czego 13 uwzględnionych w bazie Web of Science, w tym 7 z IF),



- 2 publikacje przeglądowe w recenzowanych czasopismach,
- 8 oryginalnych prac opublikowanych w całości w materiałach konferencyjnych,
- 1 referat wygłoszony podczas konferencji międzynarodowej,
- 61 komunikatów przedstawionych na konferencjach naukowych,
- realizacja grantu promotorskiego (główny wykonawca),
- realizacja grantu zamawianego (kierownik projektu),
- udział w realizacji dwóch grantów własnych (wykonawca),
- współautorstwo 2 rozdziałów w książce „Przeciwutleniacze w żywności” pod red. prof. W. Grajka,
- autorstwo 3 rozdziałów w podręczniku „Analiza żywności” pod red. prof. M. Obiedzińskiego,
- 1 ekspertyza,
- sumaryczny Impact Factor moich publikacji: 12,345,
- liczba cytowań 51 (48 bez autocytowań) wg Web of Science (53 wg Scopus),
- Indeks Hirscha wg bazy Web of Science 3 (4 wg Scopus).

## **6. Inne osiągnięcia związane z aktywnością organizacyjną i dydaktyczną**

### **6.1. Działalność dydaktyczna**

Od początku studiów doktoranckich, a następnie pracy na stanowisku asystenta realizowałem zajęcia dydaktyczne dla studentów Wydziału Technologii Żywności (obecnie Wydziału Nauk o Żywności) w postaci ćwiczeń laboratoryjnych i audytoryjnych w ramach przedmiotów: Analiza żywności, Technologia specjalizacyjna, Biochemia żywności, Technologiczne projektowanie zakładów przemysłu spożywczego i Prawo żywnościowe. Od roku akademickiego 2002/2003 opracowałem i realizowałem ponadto wykłady z Biochemii żywności i Technologii specjalizacyjnej, a także brałem udział w realizacji zajęć z Konwersatorium dyplomowego oraz uczestniczyłem w zajęciach z Seminarium dyplomowego (co było wynikiem zmiany stanowiska z asystenta na adiunkta po obronie pracy doktorskiej i powierzenia mi promotorstwa prac magisterskich). Współuczestniczyłem również w prowadzeniu ćwiczeń z Zarządzania jakością oraz ćwiczeń z Analizy instrumentalnej dla studentów Międzywydziałowego Studium Biotechnologii. Od roku akademickiego 2003/2004, poza wymienionymi wcześniej zajęciami, opracowałem i prowadziłem także wykłady i ćwiczenia z Biofizyki żywności oraz ćwiczenia z Nowych metod w analizie żywności. Od kolejnego roku akademickiego prowadziłem dodatkowo ćwiczenia z Postępów w analizie żywności oraz z Analizy instrumentalnej i Technologii specjalizacyjnej dla studentów Międzywydziałowego Studium Towaroznawstwa, a od roku akademickiego 2007/2008 wziąłem udział w opracowaniu i realizacji wykładów z Przeciwutleniaczy w żywności dla studentów Wydziału Technologii Żywności oraz uczestniczyłem w Seminarium dyplomowych dla studentów Międzywydziałowego Studium Towaroznawstwa. Od roku

akademickiego 2009/2010 uczestniczę także w zajęciach z Podstaw metodologii badań doświadczalnych i Podstaw opracowywania badań naukowych (prowadzonych przez promotorów prac magisterskich na Wydziale). Od roku akademickiego 2011/2012 przygotowałem i realizowałem ćwiczenia ze Współczesnych trendów w nauce o żywności i żywieniu (dla specjalności Biotechnologia, Mikrobiologia i Ocena Żywności), od roku akademickiego 2013/2014 współuczestniczyłem w prowadzeniu wykładów z Alergenów w żywności, a od roku akademickiego 2014/2015 prowadziłem ćwiczenia z Zagrożeń chemicznych i fizycznych z żywności, a także wykłady i ćwiczenia z Instrumentalnych metod oceny bezpieczeństwa i jakości żywności i ćwiczenia z Toksykologii żywności dla studentów kierunku Bezpieczeństwo żywności. W roku akademickim 2012/2013 Rada Wydziału Nauk o Żywności podjęła decyzję o powierzeniu mi samodzielnego prowadzenia Seminariów dyplomowych.

Zajęcia dydaktyczne, które prowadziłem lub w prowadzeniu których współuczestniczyłem, były wielokrotnie modyfikowane, w celu dostosowania ich tematyki do zmieniającego się stanu wiedzy naukowej i wymagań rynku pracy, co wiązało się z rezygnacją z realizacji niektórych oraz opracowaniem nowych programów ćwiczeń i wykładów. W ostatnim roku akademickim (2014/2015) prowadziłem 53 godziny wykładów i 250 godzin ćwiczeń dla trzech kierunków studiów realizowanych na Wydziale Nauk o Żywności (Bezpieczeństwo żywności, Technologia żywności i żywienie człowieka, Towaroznawstwo). W czterech ostatnich ankietach studenckiej oceny przedmiotów uzyskałem średnią ocenę studentów w granicach 4,3-4,6 (w skali 2-5), co jest wyraźnie powyżej średniej oceny osób prowadzących zajęcia na Wydziale.

Po mianowaniu na stanowisko adiunkta byłem promotorem 35 prac magisterskich i 41 prac inżynierskich, a także powierzono mi recenzje 11 prac magisterskich i 22 prac inżynierskich. Jestem także współautorem podręcznika „Wybrane zagadnienia z analizy żywności” pod red. Prof. dr. hab. M. Obiedzińskiego (Wydawnictwo SGGW, 2009).

Podczas studiów oraz pracy na stanowisku asystenta, a później adiunkta, w celu doskonalenia mojej wiedzy i warsztatu dydaktycznego oraz naukowego uczestniczyłem w różnych seminariach, kursach i szkoleniach:

- cykl sensorycznych testów sprawdzających i po uzyskaniu pozytywnego ich wyniku oraz po odbyciu szkolenia zgodnie z wymaganiami normy PN-ISO 8586-1 uzyskanie kwalifikacji członka analitycznego zespołu wykonującego laboratoryjne oceny sensoryczne metodą profilowania (Zakład Sensorycznej Analizy Żywności Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN pod kierunkiem Prof. dr hab. Niny Baryłko-Pikielnej), 1998
- kurs wysokosprawnej chromatografii cieczowej organizowany przez Katedrę Chemii Analitycznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej i Komisję Analizy Chromatograficznej Komitetu Chemii Analitycznej PAN, 20-25.09.1999

- Studia Podyplomowe w zakresie doskonalenia pedagogicznego z wynikiem bardzo dobrym, 2001
- dwusemestralne Podyplomowe Studium Edytorstwa Współczesnego z wynikiem bardzo dobrym, Wydział Nauk Humanistycznych UKSW w Warszawie, 2008
- szkolenie „Pracownicy SGGW wobec studentów niepełnosprawnych” w ramach programu unowocześniania kształcenia w SGGW dla zapewnienia konkurencyjności oraz wysokiej kompetencji absolwentów, 2009
- szkolenie dotyczące możliwości wykorzystania oprogramowania Statistica, Stat Soft Polska, 2009
- szkolenie „Zmiany w ustawie o odpowiedzialności za naruszenie dyscypliny finansów publicznych i ich wpływ na zarządzanie uczelniami”, 2013
- seminarium naukowe „Technika GCMS/MS – luksus czy konieczność?”, Shimpol, 2013
- konferencja szkoleniowa „Urzędowa kontrola żywności”, Polska Federacja Producentów Żywności Związek Pracodawców, 2013
- szkolenia: „Wdrażanie Systemu Zapewnienia i Doskonalenia Jakości Kształcenia”, „Wdrażanie systemu obiegu dokumentów zintegrowane z platformą ePUAP w obsłudze procesu dydaktycznego” oraz „Obsługa systemu monitorowania wskaźników Strategii SGGW dotyczących jakości kształcenia” w ramach projektu „Podnoszenie jakości zarządzania zasobami SGGW”, 2014
- szkolenie „Pozyskiwanie funduszy strukturalnych z Europejskiego Funduszu Społecznego dla szkół wyższych w latach 2014-2020”, 2014
- konferencja szkoleniowa „Znakowanie żywności – informacja dla konsumenta”, Polska Federacja Producentów Żywności Związek Pracodawców, 2014
- uczestnictwo w programie prewencyjnym Państwowej Inspekcji Pracy „Przeciwdziałanie negatywnym skutkom stresu w miejscu pracy”, 2015
- konferencja „Dobre praktyki ochrony praw autorskich na uczelniach – analiza funkcjonujących procedur i nowe wymagania prawne”, Fundacja im. Augustina-Jeana Fresnela, 2015
- konferencja naukowo-szkoleniowa „Produkty biobójcze w służbie bezpieczeństwa żywności”, Polski Punkt Koordynacyjny EFSA, 2015.

Ponadto brałem udział w organizowaniu spotkań weekendowych oraz lekcji festiwalowych pt. „Zapachy żywności” i „Barwy żywności” w ramach Festiwalu Nauki (czterokrotnie w latach 2006-2011), a także lekcji w ramach otwartego laboratorium dla L.O. im. J. Poniatowskiego w Warszawie.

W latach 2013-2014 dwukrotnie współorganizowałem szkolenia dla przedstawicieli przemysłu spożywczego oraz studentów z Białorusi „Zastosowanie metod sensorycznych w kontroli i rozwoju produktów spożywczych”. Prowadzone przeze mnie zajęcia nt. ilościowej analizy opisowej (QDA) spotkały się z bardzo dobrym przyjęciem uczestników szkoleń.

Moja działalność dydaktyczna została doceniona przez J.M. Rektora SGGW, czego wyrazem jest nagroda (2006), a także dyplom uznania za osiągnięcia w zakresie dydaktyki (2010).

## **6.2. Działalność organizacyjna**

W kadencji 2005/2008 zostałem powołany w skład Wydziałowej Komisji Wyborczej, zaś w kadencji 2008-2012 byłem jej sekretarzem. W latach 2009-2012 zostałem wybrany przez grono adiunktów Wydziału do pełnienia funkcji przedstawiciela w Radzie Wydziału Nauk o Żywności, zaś w roku 2011 zostałem powołany w skład członków Komitetu Organizacyjnego obchodów Jubileuszu Pięćdziesięciolecia Wydziału Nauk o Żywności. Ponadto, uchwałą Rady Wydziału Nauk o Żywności z 27.10.2011 zostałem powołany w skład Wydziałowej Komisji ds. Wdrażania Krajowych Ram Kwalifikacji na kierunku bezpieczeństwo żywności, w której pełniłem funkcję sekretarza (2011-2012).

W latach 2003-2012 pełniłem funkcję opiekuna Koła Naukowego Technologów Żywności. Podczas pełnienia przez mnie tej funkcji czynnie współpracowałem ze studentami i zainspirowałem oraz pomogłem zorganizować wiele projektów badawczych, co zaowocowało 20 referatami i kilkunastoma posterami zaprezentowanymi na krajowych i międzynarodowych konferencjach oraz 9 nagrodami, wyróżnieniami lub grantami studenckimi. W 2011 roku zostałem wybrany przez studentów liderem pięcioosobowej drużyny Koła Naukowego Technologów Żywności, która zaprezentowała swoje pomysły związane z żywnością przyszłości podczas międzynarodowego konkursu Culinar Cup w Szwecji (2012), w którym brało udział sześć drużyn z różnych krajów na świecie. Pomysły drużyny studentów z Wydziału, której byłem liderem, spotkały się z dużym uznaniem zarówno jury (I nagroda), jak i obecnych podczas końcowej gali gości (nagrada publiczności). W 2011 roku wraz z członkami Koła Naukowego wziąłem udział w organizacji I Ogólnopolskiego Spotkania Młodych Technologów Żywności, które odbyło się w dniach 18-20 listopada 2011 roku i miało stać się zaczątkiem cyklicznych spotkań organizowanych przez studentów wydziałów zajmujących się nauką o żywności w Polsce. Spotkanie to było dużym sukcesem organizacyjnym, zgromadziło wielu uczestników z różnych wydziałów krajowych uczelni. Wobec niepodjęcia organizacji kolejnych Ogólnopolskich Spotkań Koło Naukowe Technologów Żywności podjęło się ponownie organizacji takiej konferencji w kolejnych latach. Ponadto współorganizowałem z członkami Koła stoisko Wydziału podczas Dni SGGW w latach 2009-2012, a także stoisko Wydziału i pokazy podczas Pikniku Naukowego Polskiego Radia Bis i Centrum Nauki Kopernik (2009, 2010,

2012). Moja działalność na rzecz Koła Naukowego Technologów Żywności została doceniona przez studentów, których głosami podczas uczelnianego konkursu na Mistrzów Edukacji zorganizowanego w 2012 roku zdobyłem wyróżnienie w kategorii Mistrz Kół Naukowych.

W roku 2008 brałem czynny udział w przygotowaniu projektu Pracowni Chromatograficznej dla planowanego Centrum Żywności, w ramach czego dokonałem opracowania założeń jej działania oraz wyposażenia. Następnie, w kolejnym etapie prac (2010), mających na celu przygotowanie dokumentacji do wniosku o finansowanie, brałem udział w reewaluacji projektu Pracowni Analiz Instrumentalnych Centrum Żywności i Żywienia. Przygotowywałem opis zadania i nową koncepcję wyposażenia wraz z szacunkiem kosztów.

W latach 2012-2014 pełniłem funkcję przedstawiciela Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w programie ISEKI\_Food 4 (European Commission's Lifelong Learning Programme, 518415-LLP-1-2011-1-IT-Erasmus-ENW) "Towards innovation of the food chain through the modernization of Food Studies", w którym uczestniczyło 86 partnerów z 27 krajów Unii Europejskiej (oraz 3 partnerów stowarzyszonych z Izraela, Brazylii i USA). Głównymi celami projektu było wprowadzanie innowacji do edukacji i szkoleń w zakresie nauk o żywności, polepszanie zdobywania umiejętności personalnych i kompetencji społecznych przez kształconych z zakresu przetwarzania żywności studentów, a także rozwijanie kompetencji dydaktycznych nauczycieli akademickich w dyscyplinach związanych z żywnością. W ramach projektu zorganizowałem na Wydziale warsztaty "New Risks in Food Processing", z udziałem przedstawicieli przemysłu, świata nauki, studentów i doktorantów. Od 2014 roku jestem także członkiem stworzonej dzięki kontaktom nawiązanym w ramach projektów ISEKI\_Food organizacji ISEKI Food Association.

W latach 2010-2014 pełniłem funkcję zastępcy kierownika Zakładu Oceny Jakości Żywności. Od dnia 1 września 2012 zostałem wybrany przez Społeczność Akademicką Wydziału Nauk o Żywności do pełnienia funkcji prodziekana ds. dydaktyki w kadencji 2012-2016. Ponadto, od dnia 1 września 2014 roku zostałem powołany do pełnienia funkcji kierownika Zakładu Oceny Jakości Żywności Katedry Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności Wydziału Nauk o Żywności.

Trzykrotnie zostałem uhonorowany nagrodami J.M. Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne: w 2010 (indywidualna), a także w 2013 i 2014 roku (zespołowe). Ponadto, w roku 2012 zostałem odznaczony dyplomem uznania J.M. Rektora SGGW za działalność organizacyjną.

### **6.3. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów**

Od podjęcia pracy na Wydziale Technologii Żywności jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, zaś od 2014 roku członkiem ISEKI Food Association.



#### 6.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

W okresie od 1.10.1999 do dzisiaj otrzymałem następujące nagrody i wyróżnienia:

- Dyplom uznania za udział w Seminarium Naukowym Wydziału Technologii Żywności i wygłoszenie wyróżniającego się doniesienia naukowego, 2003;
- Nagroda Rektora SGGW indywidualna III stopnia za osiągnięcia w dziedzinie badań naukowych, 2003;
- Nagroda Rektora SGGW indywidualna III stopnia za osiągnięcia w zakresie dydaktyki, 2006;
- Pierwsza nagroda oraz nagroda publiczności podczas Culinar Cup, Szwecja (jako lider zespołu), 2008;
- Nagroda za poster prezentowany podczas 4<sup>th</sup> International Conference on Quality and Safety in Food Production Chain, Wrocław 2009;
- Nagroda Rektora SGGW indywidualna III stopnia za osiągnięcia organizacyjne, 2010;
- Dyplom uznania Rektora SGGW za osiągnięcia dydaktyczne, 2010;
- Dyplom uznania Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, 2012;
- Wyróżnienie dla Mistrza Edukacji w kategorii Mistrz Kół Naukowych, 2012;
- Nagroda Rektora zespołowa stopnia II za osiągnięcia organizacyjne, 2013;
- Nagroda Rektora zespołowa stopnia II za osiągnięcia organizacyjne, 2014.

#### 6.5. Współpraca z zagranicą, recenzje publikacji

W ramach współpracy międzynarodowej uczestniczyłem w kursie „Novel and Functional Foods”, organizowanym w ramach Socrates Intensive Programme przez Uniwersytet w Ghent (przy współudziale Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie) w dniach 27 stycznia-9 lutego 2002. Ponadto, miałem możliwość uczestniczyć w zorganizowanych na Tajwanie przez International Cooperation and Development Fund warsztatach “Workshop on WTO-Sanitary and Phytosanitary Measures of Food Processing” w dniach 5-25 października 2005. Jako przedstawiciel Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w programie ISEKI\_Food 4 aktywnie uczestniczyłem w pracach projektu, w tym w trzech spotkaniach roboczych (Overall Meeting) oraz zorganizowałem warsztaty “New Risks in Food Processing”. W latach 2013-2014 dwukrotnie uczestniczyłem w szkoleniach dla przedstawicieli przemysłu spożywczego oraz studentów z Białorusi „Zastosowanie metod sensorycznych w kontroli i rozwoju produktów spożywczych”.



Powierzono mi recenzje następujących publikacji:

- artykuł nadesłany do Przemysłu Spożywczego (2009) pt. „Wybrane metody stosowane w badaniu aktywności przeciwutleniającej produktów spożywczych” (autorzy: Kozłowska M., Górka A.)
- artykuł nadesłany do International Journal of Food Science and Technology (2012) pt. “Effects of processing on phytochemical profiles and biological activities of sorghum grain” (autorzy: Li W., Zhaohui H., Peiyu Q., Yang Y.)
- artykuł nadesłany do Postępów Higieny i Medycyny Doświadczalnej (2013) pt. „Roślinne i mikrobiologiczne źródła przeciwutleniaczy” (autorzy: Stolarzewicz I.A., Ciekot J.)
- artykuł nadesłany do Plant Foods for Human Nutrition (2013) pt. “Interaction between polyphenols and minerals in the availability of biofortified beans” (autorzy: Brigide P., Brazaca S.G.C.)

#### **6.6. Osiągnięcia w dziedzinie popularyzacji nauki**

Do moich osiągnięć w zakresie popularyzacji nauki zaliczam udział w organizowaniu spotkań weekendowych oraz lekcji festiwalowych („Zapachy żywności” i „Barwy żywności”) w ramach Festiwalu Nauki oraz lekcji w ramach otwartego laboratorium dla L.O. im. J. Poniatowskiego w Warszawie. Ponadto kilkakrotnie organizowałem, we współpracy z członkami Koła Naukowego Technologów Żywności, pokazy popularyzujące wiedzę o żywności podczas Dni SGGW, a także podczas Pikniku Naukowego Polskiego Radia Bis i Centrum Nauki Kopernik. Jestem także współautorem artykułu „Żywność luksusowa – co wiemy o kawiorze i truflach” (Przemysł Spożywczy, 2011, 65, 22-25) oraz udzieliłem wywiadu nt. bezpieczeństwa przechowywanej żywności dla programu telewizyjnego „Dzień dobry TVN”.

#### **6.7. Organizacja konferencji i współpraca z gospodarką**

Wraz z członkami Koła Naukowego zorganizowałem I Ogólnopolskie Spotkanie Młodych Technologów Żywności (18-20 listopada 2011 roku). Spotkanie to było okazją do wymiany doświadczeń naukowych w ramach konferencji oraz do spotkania z przedstawicielami przemysłu i do zintegrowania studentów działających w kołach naukowych. W ramach programu ISEKI\_Food 4 zorganizowałem na Wydziale Nauk o Żywności warsztaty z przedstawicielami przemysłu i nauki “New Risks in Food Processing” (7 lutego 2014). Jestem także autorem ekspertyzy dotyczącej ekstrakcji kawy naturalnej dla PricewaterhouseCoopers Polska.