

AUTOREFERAT

kandydatki do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

dr inż. Joanna Miedzianka

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Wrocław, 2023

I. DANE OSOBOWE

Imię i nazwisko: Joanna Miedzianka
Miejsce pracy: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa
ul. Chełmońskiego 37, 51-630 Wrocław
e-mail: joanna.miedzianka@upwr.edu.pl

Numer ORCID: 0000-0002-6912-2095

II. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

2011 r. doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Praca doktorska pt: *Właściwości funkcjonalne białka ziemniaczanego poddanego modyfikacji chemicznej*, realizowana w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa pod kierunkiem prof. dr hab. Anny Pęksy

2007 r. magister technologii żywności

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Praca magisterska pt: *Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od zawartości cukrów redukujących w ziemniakach*, realizowana w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa pod kierunkiem prof. dr hab. Grażyny Lisińskiej

2006 r. inżynier w zakresie technologii żywności

Akademia Rolnicza we Wrocławiu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)

III. INFORMACJE o DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU w JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

01.03.2015 – obecnie adiunkt

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

01.11.2011 – 28.02.2015 asystent ze stopniem doktora

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

15.09.2011 – 31.10.2011 asystent bez stopnia doktora

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Urlopy macierzyńskie i rodzicielskie:

2016-2017 w wymiarze 52 tygodni (od 28.02.2016 – 25.02.2017)

2012 – w wymiarze 20 tygodni (od 1.08.2012 – 18.12.2012)

IV. OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE BĘDĄCE PODSTAWĄ DO WSZCZĘCIA PROCEDURY O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO

A) Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą złożonego przeze mnie wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego jest cykl powiązanych tematycznie publikacji, objętych tytułem:

***Wpływ wybranych modyfikacji białek roślinnych na właściwości funkcjonalne
i profil aminokwasowy otrzymanych preparatów***

B) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Impact Factor przedstawiony jako IF w roku opublikowania oraz 5. letni.

Punkty Ministerialne jako punkty (pkt.) Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) oraz Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN), zgodnie z komunikatem MNiSW oraz MEiN, obowiązującym na rok publikacji i w 2023 r.

B1. Pęksa A., Miedzianka J.* 2014. Amino acid composition of enzymatically hydrolysed potato protein preparation, *Czech Journal of Food Sciences*, 32 (3), 265-272.

IF₂₀₁₄= 0,675, IF_{5-letni}= 0,881, MNiSW₂₀₁₄= 20 pkt., MEiN₂₀₂₃= 40 pkt., liczba cytowań według bazy Web of Science = 14 (bez autocytowań: 14).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeglądzie literatury, wykonaniu analiz, tj. otrzymaniu preparatów białkowych z soku ziemniaczanego, hydrolizie enzymatycznej prób, określeniu ich składu chemicznego, wykonaniu profilu aminokwasowego oraz ilościowej ocenie jakości białka w oparciu o wskaźnik CS, obliczeniach statystycznych przedstawionych wyników oraz napisaniu manuskryptu). Mój udział wynosi 50%.

B2. Miedzianka J.*, Pęksa A., Pokora M., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A. 2014. Improving the properties of fodder potato protein concentrate by enzymatic hydrolysis, *Food Chemistry*, 159, 512-518.

IF₂₀₁₄= 3,391, IF_{5-letni}= 7,341, MNiSW₂₀₁₄= 40 pkt., MEiN₂₀₂₃= 200 pkt., liczba cytowań według bazy Web of Science: 23 (bez autocytowań: 23).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeglądzie literatury, wykonaniu analiz, tj. poddaniu hydrolizie enzymatycznej ziemniaczanego białka paszowego, określeniu stopnia hydrolizy otrzymanych hydrolizatów, ich składu chemicznego, wykonaniu profilu aminokwasowego, właściwości funkcjonalnych oraz pomiaru barwy, obliczeniach statystycznych przedstawionych wyników oraz napisaniu manuskryptu). Mój udział wynosi 45%.

B3. Miedzianka J.*, Pęksa A. 2013. Effect of pH on phosphorylation of potato protein isolate, *Food Chemistry*, 138, 2321 – 2326.

IF₂₀₁₃= 3,259, IF_{5-letni}= 7,341, MNiSW₂₀₁₃= 40 pkt., MEiN₂₀₂₃= 200 pkt., liczba cytowań według bazy Web of Science = 27 (bez autocytowań: 27).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeglądzie literatury, wykonaniu analiz, tj. otrzymaniu preparatów białkowych z soku ziemniaczanego, poddaniu procesowi fosforylacji otrzymanych prób, określeniu ich składu chemicznego, wykonaniu profilu aminokwasowego, właściwości funkcjonalnych, obliczeniach statystycznych przedstawionych wyników oraz napisaniu manuskryptu. Mój udział wynosi 50%.

B4. Miedzianka J.*, Zambrowicz A., Zielińska-Dawidziak M., Drożdż W., Nemś A. 2021. Effect of acetylation on physicochemical and functional properties of commercial pumpkin protein concentrate. *Molecules, Special Issue Emerging protein sources for food production and human nutrition*, 26 (6), 1-17.

IF₂₀₂₁= 4,927, IF_{5-letni}= 5,110, MEiN₂₀₂₃= 140 pkt., liczba cytowań według bazy Web of Science = 6 (bez autocytowań: 6).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na koncepcji i planie badań, wykonaniu analiz, tj. poddaniu procesowi acetylacji handlowego białka dyniowego, określeniu ich składu chemicznego, wykonaniu profilu aminokwasowego, stopnia acetylacji, właściwości funkcjonalnych, obliczeniach statystycznych przedstawionych wyników, przeglądzie literatury, napisaniu manuskryptu oraz pozyskaniu finansowania. Mój udział wynosi 70%.

B5. Miedzianka J.*, Walkowiak K., Zielińska-Dawidziak K., Zambrowicz A., Wolny S., Kita A. 2023. The functional and physicochemical properties of rice protein concentrate subjected to acetylation. *Molecules, Special Issue Emerging protein sources for food production and human nutrition*, 28 (2), 1-16.

IF₂₀₂₁= 4,927**, IF_{5-letni}= 5,110, MEiN₂₀₂₃= 140 pkt., liczba cytowań według bazy Web of Science = 1 (bez autocytowań: 1).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na określeniu koncepcji i planu badań, wykonaniu analiz, tj. poddaniu procesowi acetylacji handlowego białka ryżowego, określeniu ich składu chemicznego, wykonaniu profilu aminokwasowego, stopnia acetylacji, właściwości

funkcjonalnych, obliczeniach statystycznych przedstawionych wyników, przeglądzie literatury, napisaniu manuskryptu oraz pozyskaniu finansowania. Mój udział wynosi 65%.

Całkowity IF z roku opublikowania prac, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego:** 17.179

Całkowity 5-letni IF publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego: 18.869

Liczba punktów MNiSW/MEiN za cykl publikacji: 380 pkt. (dane z roku publikacji),
720 pkt. (dane z roku 2023)

*autor korespondencyjny

**W przypadku publikacji z 2023 roku, dla której nie określono IF za rok opublikowania, wykorzystano punktację za rok poprzedni.

Prace dokumentujące osiągnięcie naukowe zamieszczono w **Załączniku 4**.

Oświadczenia współautorów w wyżej wymienionych publikacjach z określeniem ich procentowego udziału w powstanie prac zamieszczono w **Załączniku 5**.

C) Omówienie celu naukowego cyklu publikacji i osiągniętych wyników

1. Wprowadzenie

Preparaty białkowe pochodzenia roślinnego coraz częściej znajdują zastosowanie w przemyśle spożywczym (Joshi i Kumar, 2015). Trend ten wynika z rosnącej wiedzy i świadomości konsumentów na temat składników produktów spożywczych, a także z zainteresowania naturalnymi, przyjaznymi dla środowiska i zrównoważonymi ich źródłami. Globalna sprzedaż produktów wytwarzanych z białek roślinnych została oszacowana na 35 miliardów dolarów w 2018 roku i jest prognozowana na 45 miliardów dolarów do 2023 roku (Cassity, 2019). Preparaty białkowe pochodzenia roślinnego stosowane w produktach spożywczych, oprócz podniesienia ich wartości odżywczej, mogą z powodzeniem zastępować wartościowe białka zwierzęce (białko jaja kurzego), być stosowane jako emulgatory (Bergsma, 2019; Schreuders i in., 2019) lub też poprawiać właściwości funkcjonalne produktu, działając jako środki powierzchniowo czynne w interakcjach białko-węglowodany, białko-lipidy, białko-powietrze i białko-woda (Loveday, 2019; Akharume i in., 2021). Podczas opracowywania nowego produktu spożywczego istotnym czynnikiem jest

funkcjonalność poszczególnych produktów białkowych pochodzących z roślin, tj. mąk, koncentratów i izolatów (Akharume i in., 2021).

Przyjmując za kryterium podziału rodzaj wykorzystywanych metod technologicznych oraz uzyskanych właściwości, roślinne preparaty białkowe można podzielić na:

- produkty białkowe, różniące się stopniem rozdrobnienia i zawartością poszczególnych składników chemicznych (mąki, grysy);
- koncentraty białkowe (zawierające od 65 do 90% białka), otrzymywane ze zdyspergowanego pełnotłustego lub częściowo odtłuszczonego materiału roślinnego. Ekstrakcja białka odbywa się w środowisku kwaśnym lub obojętnym, po usunięciu rozpuszczalnych niebiałkowych substancji małocząsteczkowych, m.in. cukrów, oligosacharydów, barwników, składników mineralnych. Ta forma preparatu zwykle jest stosowana do wyrobu koncentratów obiadowych, przetworów warzywno-mięsnych, wędlin, konserw drobnorozdrobnionych, wyrobów garmażeryjnych;
- izolaty białkowe (zawierające ponad 90% białka). Izolacja białka polega na ich ekstrakcji w roztworze wodnym lub w słabej zasadzie, skoagulowaniu rozpuszczonych białek w ich punkcie izoelektrycznym, a następnie przemyciu, zubożeniu i wysuszeniu. Izolaty stosuje się jako składniki solanek peklujących, wyrobów mięsnych drobnorozdrobnionych, jako zamienniki białka mlecznego w napojach i odżywkach dla dzieci i niemowląt oraz w produktach wegetariańskich;
- upostaciowane preparaty białkowe, otrzymywane w wyniku obróbki chemicznej i termicznej;
- hydrolizaty białkowe, otrzymywane w wyniku hydrolizy enzymatycznej bądź chemicznej;
- inne typy preparatów białkowych wytwarzane w celach specjalnych (Rutkowski i Kozłowska, 1981).

Roślinne preparaty białkowe pozyskiwane są z wielu surowców, stanowiących źródła tradycyjne, np.: nasiona roślin strączkowych, oleistych i zbóż oraz niekonwencjonalne, np.: organizmy jednokomórkowe, liście, niejadalne części roślin oraz owady (Ma i in., 2022). Wykorzystanie do ich pozyskiwania surowców o zwartej strukturze jest dodatkowym utrudnieniem, ponieważ wymaga zastosowania etapów lub zabiegów technologicznych pozwalających na uwolnienie białek ze struktur komórkowych. Do takich surowców można zaliczyć na przykład makuchy, uzyskiwane po oddzieleniu tłuszczu w przemyśle olejarskim, młóto pochodzące z przemysłu browarniczego lub produkty odpadowe przemysłu owocowo-warzywnego. Innym surowcem, coraz bardziej docenianym ze względu na wysoką wartość odżywczą i biologiczną zawartego w nim białka, jest sok ziemniaczany otrzymywany w znaczących ilościach w przemyśle krochmalniczym.

W technologii pozyskiwania preparatów białkowych z surowców roślinnych stosowane są różne metody izolacji białek, co jest uzależnione od rodzaju surowca (Kolpakova i in., 2021; Ma i in. 2022). Wyniki badań wielu autorów (Akharume i in., 2021; Day i in., 2022; Moure i in., 2006; Nikbakht Nasrabadi i in., 2021; Pham i in., 2016; Wani i in., 2011; Wu i in., 2009; Zhao i in., 2017) dotyczące otrzymywania i analizy właściwości białek roślinnych wskazują, że pozyskane z surowców preparaty białkowe wykazują jednak ograniczone właściwości funkcjonalne. Produkty otrzymywane metodami membranowymi, chromatograficznymi lub koagulowane w punkcie izoelektrycznym zawierają białka o specyficznych właściwościach, jednakże ich potencjalne zastosowanie w produkcji żywności zazwyczaj wymaga podniesienia temperatury lub zmiany pH, co powoduje zmianę ich konformacji, a tym samym właściwości funkcjonalnych. Często jest to związane z zastosowaniem agresywnych warunków izolacji takich, jak wysoka temperatura czy wysokie stężenie etanolu. Podczas wytwarzania preparatów białkowych z surowców roślinnych zastosowanie obróbki cieplnej prowadzonej w wysokich temperaturach, choć znacząco poprawia wydajność pozyskiwania białek, powoduje jednak rozległą ich denaturację. Otrzymane produkty charakteryzują się nie tylko słabą rozpuszczalnością, ale i ograniczoną zdolnością do żelowania, emulgowania i tworzenia piany, ograniczając ich zastosowanie w przemyśle spożywczym (Day i in., 2022). Dodatkowo preparaty te charakteryzuje niższa strawność i mniejsza zdolność do interakcji ze składnikami takimi jak, np. wapń i żelazo, co obniża ich przyswajanie przez organizm człowieka.

Ograniczenia te mogą zostać zniwelowane poprzez przeprowadzenie różnych modyfikacji białek, co daje możliwość poszerzenia spektrum ich wykorzystania wynikające z wykształcenia właściwości fizycznych, korzystnie wpływających na cechy fizykochemiczne i sensoryczne wyrobów. w wyniku tych procesów może dojść do zwiększenia udziału zawartości białka w produkcie, nadania mu korzystnych właściwości funkcjonalnych, odpowiedniej bądź niezmienionej wartości odżywczej oraz zredukowania poziomu substancji antyżywniowych i szkodliwych dla zdrowia. Ponadto, modyfikacje wykorzystywane są do zablokowania reaktywnych grup funkcyjnych aminokwasów w celu ograniczenia udziału w niepożądanych reakcjach zachodzących podczas procesów technologicznych (Gawęcki, 2003; Moure i in., 2006). Literatura dostarcza wielu przykładów oraz sposobów modyfikacji preparatów białkowych pochodzenia roślinnego, wśród których wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje: fizyczne, chemiczne i enzymatyczne.

Do tradycyjnych metod stosowanych w modyfikacji preparatów białkowych przeznaczonych do stosowania jako składniki żywności, należy hydroliza enzymatyczna.

Proces ten prowadzi do katalitycznego rozkładu białka na polipeptydy, peptydy i aminokwasy, które stanowią źródło łatwo przyswajalnego azotu. Hydroliza pozwala na zwiększenie asortymentu preparatów łatwo przyswajalnych białek wytwarzanych na bazie ich izolatów i koncentratów, które także mogą znaleźć zastosowanie w produkcji żywności lub pasz. Stopień denaturacji białka i technika jego izolacji wpływają zarówno na warunki procesu hydrolizy enzymatycznej, jak stopień hydrolizy białka. Uzyskanie pożądanych cech hydrolizatów białkowych wiąże się z zastosowaniem hydrolizy prowadzonej w kontrolowanych warunkach procesu obejmujących optymalny czas, temperaturę, pH, stężenie substratu, stężenie enzymu i specyficzność stosowanego enzymu. Stosowane w tym celu enzymy proteolityczne wykazują selektywny charakter działania na określone wiązania peptydowe. Na skalę przemysłową stosuje się głównie preparaty komercyjne, np.: Alcalase®, którą izoluje się ze szczepów *Bacillus licheniformis*. Preparat wykazuje wysoką termostabilność (optymalna temperatura wynosi 60°C), a także szeroki zakres tolerancji pH (pH 5,0—11,0) (Asokan i Jayanthi, 2010; Olajugbe i Ajele, 2011). Alcalase® może być pozyskiwana także z innych źródeł takich, jak tkanki roślinne, zwierzęce oraz mikroorganizmy. Inny preparat proteolityczny - Flavourzyme® to kompleks z endo- i egzopeptydaz otrzymywany z grzybów strzępkowych *Aspergillus oryzae*. Endopeptydazy powodują fragmentację wiązań peptydowych w środku łańcuchów peptydowych, podczas gdy egzopeptydazy odszczepiają aminokwasy na ich końcach. Optymalne warunki działania tego preparatu to 50°C i pH 5,0-7,0. Preparat ten traci aktywność w temperaturze powyżej 75°C oraz w pH < 3 (Kammerdeptch i in., 2007). Kammerdeptch i in. (2007) wykazali, że zastosowanie endo- i egzopeptydaz do hydrolitycznej degradacji białek ziemniaka zwiększa ilość wolnych aminokwasów w uzyskiwanych preparatach, szczególnie w przypadku aminokwasów aromatycznych i poprawia jakość odżywczą preparatu białka ziemniaka. Ponadto autorzy zauważyli, że zwarta struktura białek globularnych soku ziemniaka jest istotnym czynnikiem ograniczającym aktywność enzymów proteolitycznych.

Wykorzystując swoistość, specyficzność substratową proteaz, a także ich działanie w niskich temperaturach, można modelować takie właściwości funkcjonalne hydrolizatów, jak: rozpuszczalność, lepkość, smak, zdolności emulgujące czy zdolność tworzenia piany. w efekcie hydrolizy enzymatycznej otrzymuje się preparaty, które charakteryzują się większą rozpuszczalnością, zmienionym profilem aminokwasowym, zwiększonym udziałem wolnych aminokwasów i mniejszą alergenicnością (Kowalczyk i in., 2007; Ortiz i Wagner, 2002; Tsumura i in., 2005; Yoshie-Stark i in., 2006). Wielu autorów wskazuje także na potencjalnie niekorzystny wpływ na cechy organoleptyczne tak modyfikowanych preparatów, co jednak

nie eliminuje hydrolizatów białkowych ze stosowania w przemyśle spożywczym jako stymulatorów smakowo – zapachowych, dodatków zwiększających wartość odżywczą, bądź poprawiających teksturę produktów (Komorowska i Stecka, 1998).

Innym kierunkiem modyfikacji białek są modyfikacje chemiczne. W zależności od zastosowanego odczynnika modyfikującego, którym jest bezwodnik kwasu octowego lub trimetafosforan sodu, proces ten określa się jako acetylację i fosforylację. Podczas acetylacji grupy zasadowe białek są przekształcane w obojętne, natomiast w procesie fosforylacji grupy fosforanowe są przyłączane do reszt hydroksylowych seryny, treoniny i tyrozyny (grupy β - karboksylowej), do reszt lizyny poprzez azot (grupy ϵ - aminowe) i reszt histydyny (1 i 3) (Nasrabadi i in., 2021). Acetylacja może wpływać na strukturę drugorzędową i trzeciorzędową białek roślinnych, czyniąc je bardziej hydrofobowymi, co przyczynia się do poprawy stabilności termicznej i właściwości funkcjonalnych, nie wpływając na wartość odżywczą modyfikatu (Damodaran i Parkin, 2017; El-Adawy, 2000; Nasrabadi i in., 2021; Zhao, Zhang i in., 2017; Zhao i in., 2017). Z technologicznego punktu widzenia acetylacja jest procesem korzystnym, ponieważ otrzymane modyfikaty preparatów białkowych charakteryzują się zmienionymi cechami funkcjonalnymi, w tym rozpuszczalnością, właściwościami emulgującymi, wodochłonnością i olejochłonnością (Adebowale i Lawal, 2006; Damodaran i Parkin, 2017; Katan, 2004; Nikbakht Nasrabadi i in., 2021; Zhao i in., 2017). Podobne efekty można osiągnąć poprzez proces fosforylacji, który wpływa także na poprawę wartości biologicznej oraz właściwości funkcjonalnych białek, a powstałe fosfoproteiny wykazują wiele dodatkowych aktywności, np.: poprawiają adsorpcję wapnia czy są aktywnymi antyoksydantami wobec tłuszczów (Li i in., 2010). Negatywnym skutkiem procesu fosforylacji, szczególnie w przypadku użycia silnie reaktywnych związków, jest możliwość powstawania niepożądanych dla organizmu związków takich, jak np. lizynoalanina oraz lantionina (Gawęcki, 2003). Chemiczne zmiany właściwości funkcjonalnych preparatów białkowych są następstwem modyfikacji w strukturze białek, w tym ich dysocjacji, zmiany ładunku powierzchniowego białek z zasadowego na bardziej kwaśny, częściowej denaturacji, zmienionego punktu izoelektrycznego i wzrostu hydrofobowości (Gruner i Ismond, 1997; Miedzianka i in., 2012). Dlatego też, istotne jest badanie i określanie wpływu rodzaju i warunków modyfikacji preparatów białkowych na ich właściwości funkcjonalne oraz wartość odżywczą.

2. Zakres i cel badań

Wraz ze zwiększeniem zapotrzebowania na żywność pochodzenia roślinnego na rynku producentów żywności obserwuje się zwiększenie zapotrzebowania na składniki białkowe, o lepszej funkcjonalności, które zastąpią lub mogą konkurować ze składnikami białkowymi pochodzenia zwierzęcego. Modyfikacje, dzięki którym można zmienić właściwości użytkowe białka roślinnego, zarówno koncentratów czy izolatów, jak też naturalnych komponentów białkowych, mogą znaleźć zastosowanie w produktach w coraz szerszym asortymencie żywnościowym, o zaprojektowanej jakości kierowanej, dla różnych grup konsumentów. Dlatego celem podjętych badań była modyfikacja właściwości wybranych białek roślinnych, pozyskiwanych jako koncentraty i izolaty, w kierunku poszerzenia zakresu ich potencjalnych zastosowań, w tym spożywczych. Preparaty białkowe wprowadzane do projektowanej żywności mogą pełnić funkcje: wiązania wody i tłuszczu, stabilizowania składników farszu mięsnego w jednorodny układ poprzez emulgację tłuszczu, polepszenia konsystencji i struktury gotowych wyrobów w wyniku tworzenia mocnego żelu oraz poprawy wyglądu, smaku i tekstury gotowego produktu. Za ich stosowaniem w produktach żywnościowych przemawiają również takie cechy, jak: obniżenie kaloryczności produktów, zwiększenie zawartości białka i poprawa składu aminokwasowego oraz zastępowanie naturalnych składników, które np. ze względu na właściwości alergizujące powinny być eliminowane z żywności. Ponadto jedną z zalet stosowania roślinnych preparatów białkowych jest ich niska cena, włączanie się w problematykę zrównoważonego rozwoju oraz implikacje etyczne.

Głównym celem osiągnięcia będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego była analiza wpływu zastosowanych modyfikacji, hydrolizy enzymatycznej i jej parametrów oraz modyfikacji chemicznych, na właściwości funkcjonalne koncentratów i izolatów wybranych białek roślinnych pozyskiwanych z nietradycyjnych źródeł, do otrzymywania modyfikatów białkowych o potencjalnym zastosowaniu w żywności i produkcji pasz.

Cele szczegółowe:

- zastosowanie hydrolizy enzymatycznej do degradacji laboratoryjnie pozyskanych i komercyjnie dostępnych preparatów białka ziemniaka w celu uzyskania hydrolizatów charakteryzujących się zwiększoną rozpuszczalnością i korzystniejszymi właściwościami funkcjonalnymi, tj.: olejochłonnością;
- określenie wpływu pH reakcji oraz stopnia fosforylacji na zwiększenie zawartości przyłączonego fosforu oraz składników mineralnych na właściwości odżywcze i funkcjonalne otrzymanego fosforylowanego izolatu białka ziemniaka;

- określenie wpływu stopnia acetylacji grup nukleofilowych białka dyniowego i ryżowego na profil aminokwasowy, właściwości funkcjonalne i strawność otrzymanych modyfikatów;
- określenie wpływu rodzaju preparatu białkowego (obecność frakcji białkowej i niebiałkowej) poddanego modyfikacji enzymatycznej i chemicznej na właściwości funkcjonalne badanych preparatów białek roślinnych.

3. Materiał i metody badań

3.1 Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły ziemniaki zakupione w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Pawłowicach (oddział terenowy Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych, COBORU, Pawłowice, Polska) (**Publikacja B3**). Materiałem badawczym był również sok pobrany z linii produkcji skrobi ziemniaczanej, dostarczony przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A. (PPZ) w Niechlowie (**Publikacja B1**). Ponadto, materiał badawczy stanowiły komercyjnie dostępne preparaty:

- białka ziemniaczanego paszowego, dostarczone z PPZ S.A. (Niechlów, Polska) (**Publikacja B1**),
- białka ziemniaczanego paszowego, dostarczone z Przedsiębiorstwa Przemysłu Spożywczego PEPEES S.A. (Łomża, Polska) (**Publikacja B2**),
- koncentratu białek z nasion dyni (Diet Food Company, Opatówek, Polska) (**Publikacja B4**),
- koncentratu białek ryżu (Diet Food Company, Opatówek, Polska) (**Publikacja B5**).

Do badań zakupiono preparaty enzymów proteolitycznych takie, jak: endoproteinaza bakteryjna otrzymywana z *Bacillus licheniformis*, o aktywności właściwej ≥ 2.4 AU/g (Alcalase®) oraz endo- i egzopeptydaza z *Aspergillus oryzae*, o aktywności właściwej ≥ 500 LAPU/g (Flavourzyme®), dostarczone przez firmę Sigma Chemical Sp. z o.o. (Poznań, Polska) (**Publikacja B1**) oraz przez firmę Novozyme A/S (Polska) (**Publikacja B2**). W badaniach użyto również trimetafosforanu sodu cz.d.a. (SMTP) (**Publikacja B3**) i bezwodnik kwasu octowego cz.d.a. (**Publikacje B4 i B5**). Wymienione reagenty zakupiono w firmie Sigma-Aldrich (Polska).

3.2 Otrzymywanie preparatów białkowych użytych w badaniach

Do badań wykorzystano preparaty białek roślinnych otrzymane w warunkach laboratoryjnych oraz zakupione w handlu detalicznym. Były to zarówno koncentraty zawierające 65-80% białka ogółem, jak i izolat białka ziemniaczanego zawierający powyżej 90% białka ogółem.

3.2.1 Otrzymywanie koncentratów białek ziemniaka (Publikacja B1)

Koncentraty białek ziemniaka (PPC=potato protein concentrates) były otrzymywane z soku dostarczonego z przemysłu krochmalniczego o średnim pH=5,8, metodą koagulacji termiczno-kwasowej bez dodatku soli (preparat PPC1) oraz z zastosowaniem soli: chlorku wapnia (preparat PPC2) i mleczanu wapnia (preparat PPC3), których stężenie w soku wynosiło 0,04%. Dzięki zastosowaniu soli wapniowych uzyskano zwiększenie siły jonowej soku oraz efekt flotacji związków pektynowych w obecności jonów wapnia. W tabeli 1 podano szczegółowe warunki koagulacji białek ziemniaka dla poszczególnych preparatów. Otrzymane preparaty białka ziemniaczanego w postaci pasty (mokre białko) suszono metodą liofilizacji, a suche koncentraty białek ziemniaka przechowywano do momentu rozpoczęcia dalszych analiz, szczelnie zamknięte, w temperaturze około -25°C.

Tabela 1. Warunki otrzymywania koncentratów białek ziemniaka.

Preparat	Wariant koagulacji	pH soku	Siła jonowa roztworu soli (mM soli/l soku)	Temperatura (°C)	Czas (min)
PPC1	bez dodatku soli	5,8-6,2	-	80	10
PPC2	z chlorkiem wapnia	6,8	810	70	20
PPC3	z mleczanem wapnia		315	70	20

3.2.2 Otrzymywanie izolatu białka ziemniaczanego (Publikacja B3)

Bulwy ziemniaka przeznaczone do otrzymywania izolatu białek ziemniaka (PPI=potato protein isolate) oczyszczano i myto oraz usuwano bulwy uszkodzone mechanicznie, porażone chorobami i zazieleniałe. Sok z ziemniaków pozyskiwano z wykorzystaniem sokowirówki. Pokrojone w ćwiartki bulwy mieszano uprzednio z roztworem zapobiegającym ciemnieniu miąższu ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), w ilości 4 ml/kg krajanki. Otrzymany z ziemniaków sok klarowano stosując tkaninę filtracyjną z odwadniaczy próżniowych, a następnie doprowadzano jego pH do wartości 6,8 za pomocą 1M NaOH. Taki sok podgrzewano do temperatury 30°C i dodawano 3% roztwór CaCl_2 . Prowadzono proces koagulacji w temperaturze 68 - 70°C przez 20 min. Sok zawierający skoagulowane białko schładzano do temperatury pokojowej i oddzielano osad białkowy w procesie wirowania, a następnie przemywano go trzykrotnie wodą destylowaną, każdorazowo stosując dwukrotnie większą objętość wody niż osadu białkowego. Otrzymany w ten sposób mokry preparat białka ziemniaczanego suszono metodą liofilizacji. Powstały suchy izolat białka ziemniaczanego

przechowywano w szczelnie zamkniętym pojemniku, w temperaturze około -25°C , do momentu rozpoczęcia dalszych analiz.

3.2.3 Charakterystyka preparatów białkowych poddawanych modyfikacjom

Tabela 2. Charakterystyka preparatów białkowych użytych w badaniach.

Preparat białkowy	Sucha substancja	Zawartość białka ogółem	Zawartość popiołu	Zawartość składników niebiałkowych (z obliczeń)	
		%			
Preparaty białek ziemniaka	Izolat, PPI	96,62±0,01	91,29±1,21	3,26±0,15	2,07
	Koncentrat, PPC ₁	97,53 ±0,38	81,90±1,21	0,88±0,08	14,75
	Koncentrat, PPC ₂	97,00±1,36	80,22±0,64	1,17±0,01	15,61
	Koncentrat, PPC ₃	96,24±0,78	81,75±0,21	1,17±0,01	13,32
	Koncentrat białka paszowego, PPC _{PPZ} Niechlów	94,47±0,24	76,66±1,02	1,98±0,11	15,83
	Koncentrat białka paszowego, PPC _{PEPEES} Łomża	92,26±0,32	72,70±0,13	1,55±0,22	18,01
Preparat białek dyni	Koncentrat	97,49±0,39	65,11±0,76	8,36±0,01	24,02
Preparat białek ryżu	Koncentrat	94,49±0,10	74,20±1,15	2,15±0,04	18,14

3.3 Metody badawcze

3.3.1 Hydroliza enzymatyczna białek ziemniaka (Publikacje B1 i B2)

Hydrolizę enzymatyczną prowadzono w warunkach laboratoryjnych. Procesowi temu poddawano koncentrat paszowego białka ziemniaczanego (PPC_{PEPEES} Niechlów) oraz koncentraty białek ziemniaka otrzymane w warunkach laboratoryjnych: PPC1-3 (Tabela 1) (**Publikacja B1**). Reakcję hydrolizy prowadzono za pomocą zakupionych preparatów enzymów proteolitycznych, pozyskiwanych z *Bacillus licheniformis* (Alcalase®, enzym A) i z *Aspergillus oryzae* (Flavourzyme®, enzym B). Enzymy dodawano w ilości:

- 1250 µl enzymu A/250 ml próby o stężeniu białka 10%,

- 1250 µl enzymu B/250 ml próby o stężeniu białka 10%.

W przypadku hydrolizy prowadzonej z połączeniem enzymów A i B dodano je w stosunku 1:1 (5000 ppm:5000 ppm).

Naważano 25 g preparatu białkowego i rozcieńczano w objętości 250 ml wody destylowanej w kolbie stożkowej o pojemności 300 ml. Uzyskiwany roztwór doprowadzano do pH 8,5, dodając 1M roztwór NaOH. Kolby przykrywano folią aluminiową i umieszczano w łaźni wodnej z wytrząsaniem w temperaturze 50°C. Po godzinie wytrząsania dodawano enzym (w różnych wariantach) w ilości 1250 µl, co odpowiada 5000 ppm. Przez pierwsze pół godziny procesu, co 5 minut, kontrolowano zmiany pH za pomocą papierka wskaźnikowego. Ostatni pomiar wykonano po zakończeniu hydrolizy. Po tym czasie proces hydrolizy hamowano inkubując próby w temperaturze 80°C przez 15 min. Następnie hydrolizaty schładzano do temperatury pokojowej. Otrzymane w procesie wirowania supernatanty zawierające frakcje białkowe i peptydowe liofilizowano, a następnie przechowywano w temperaturze -25°C, szczelnie opakowane.

W trakcie kolejnych badań hydrolizie enzymatycznej poddano koncentrat paszowy białek ziemniaka (PPC_{PEPEES} Łomża) (**Publikacja B2**). Uwzględniono efekty badań, których wyniki zamieszczono w **Publikacji B1** i zastosowano tylko jeden preparat enzymatyczny, pozyskiwany z *Bacillus licheniformis* (Alcalase®). Stężenie białka wynosiło 10 g w 100 ml (roztwór 10%). Reakcję hydrolizy rozpoczynano poprzez dodanie określonej ilości enzymu (j/mg hydrolizowanego białka), wyliczoną na podstawie aktywności enzymu. Reakcję prowadzono w pH=8,5, w temperaturze 50°C przez 2 i 4 godziny. Po tym czasie proces hydrolizy hamowano inkubując próby w temperaturze 80°C przez 15 min. Otrzymane hydrolizaty schładzano i odwirowywano, a supernatanty liofilizowano i przechowywano w temperaturze 4°C.

3.3.2 Fosforylacja białek ziemniaka (Publikacja B3)

Fosforylację izolatu białek ziemniaka przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną przez Hirotsuki i Taniguchi (1984). Do 10% roztworu PPI dodano trimetafosforan sodu (SMTP) (w ilości 0,01 g odczynnika modyfikującego/g białka). Mieszaninę mieszano w sposób ciągły, w temperaturze pokojowej przez 60 min. Podczas fosforylacji pH utrzymywano odpowiednio na poziomie: 5,2; 6,2; 8,0 i 10,5, stosując 1M NaOH lub 1M HCl. Reakcję fosforylacji kończono po 30 min. Powstały osad odwirowywano i przemywano wodą destylowaną usuwając w ten sposób niezwiązany kwas fosforowy oraz inne zanieczyszczenia, zwiększając czystość preparatu. Proces przemywania prowadzono do uzyskania konduktancji roztworu

zbliżonej do konduktancji wody. Odwirowywano oczyszczony preparat i suszono metodą liofilizacji. Suchy preparat białka fosforylowanego, przesiewano przez sito o wielkości oczek 0,42 mm i przechowywano w szczelnie zamkniętym pojemniku, w temperaturze około -25°C, do momentu analiz. Próbę zerową stanowił preparat białka ziemniaczanego poddany warunkom fosforylacji, ale bez dodatku trimetafosforanu sodu. Modyfikację prowadzono równolegle w dwóch powtórzeniach technologicznych.

3.3.3 Acetylacja białek dyni i ryżu (Publikacje B4 i B5)

Do modyfikacji metodą acetylacji wykorzystano komercyjnie zakupione koncentraty białek dyni i ryżu. Proces modyfikacji białek prowadzono w zawiesinie wodnej o stężeniu 1%. Jako czynnik modyfikujący stosowano bezwodnik kwasu octowego. Stosowane następujące ilości tego reagenta: 0,4; 1,0 i 2,0 ml/g białka zawartego w preparacie. Utrzymywano pH mieszaniny reakcyjnej na poziomie 7,5-8 poprzez dodawanie kroplami 1M NaOH i stałą kontrolę pH. W zależności od ilości odczynnika modyfikującego, reakcja przebiegała od 30 do 90 minut. Po tym czasie osad oddzielano od supernatantu w procesie wirowania. Powstały osad przemywano 3-5 krotnie nadmiarem wody destylowanej, usuwając niezwiązany odczynnik modyfikujący. Przemywanie prowadzono do uzyskania konduktancji roztworu białkowego zbliżonego do konduktancji wody destylowanej. Mokre preparaty białek dyni i ryżu odwirowywano, i liofilizowano, a uzyskane susze przesiewano przez sito o wielkości oczek 0,42 mm. Tak otrzymane acetylowane preparaty białek dyni i ryżu przechowywano w szczelnie zamkniętych pojemnikach w temperaturze około -20°C do momentu rozpoczęcia analiz. Próby zerowe białek dyni i ryżu stanowiły koncentraty niepoddane opisanym zabiegom. Modyfikację prowadzono równolegle w dwóch powtórzeniach technologicznych.

3.4 Badanie składu chemicznego, właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych otrzymanych preparatów białkowych

Analiza preparatów białkowych obejmowała:

- 1) oznaczanie podstawowego składu chemicznego: sucha masa i zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla, zgodnie z opisem przedstawionym przez AOAC (1996/2005) (**Publikacje B1 - B5**), zawartość popiołu, według metodyki przedstawionej przez AOAC (1996/2005) (**Publikacje B1, B3, B4 i B5**), zawartość białka właściwego, zgodnie z opisem AOAC (1996) (**Publikacje B3**) i zawartość tłuszczu, zgodnie z opisem AOAC (1995) (**Publikacje B4 i B5**),
- 2) określenie zawartości składników mineralnych metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) na aparacie Varian AA240FS, zgodnie z metodyką przedstawioną przez

Szczepaniaka (2004) (**Publikacja B3**), analizując zawartość sodu, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, cynku i miedzi,

3) określenie zawartości fosforu metodą kolorymetryczną po suchym spalaniu w układzie mikrofalowym w urządzeniu Mars 5 (CEM Corporation), zgodnie z metodyką podaną przez Krelowską-Kułas (1993) (**Publikacja B3**),

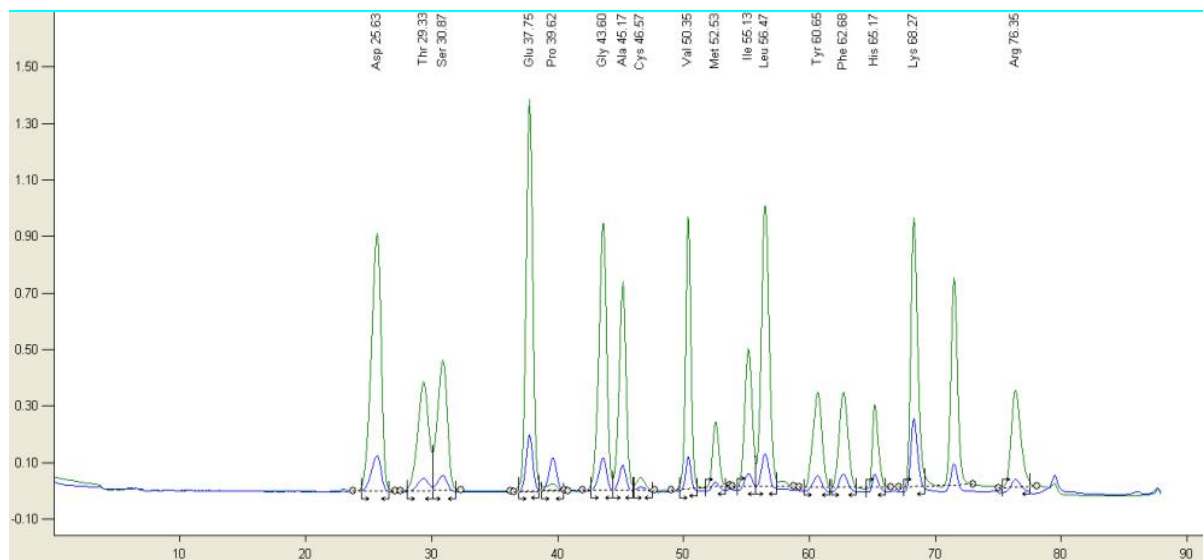
4) analizę właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych preparatów białkowych:

- oznaczenie wodochłonności, zgodnie z opisem przedstawionym przez Sosulskiego (1962) (**Publikacja B3**), Rutkowskiego i Kozłowską (1981) (**Publikacja B2 i B3**), i przez Jeżowskiego i in. (2020) (**Publikacja B4 i B5**),
- oznaczenie olejochłonności, zgodnie z opisem przedstawionym przez Lin i Humbert (1974) (**Publikacje B2 i B3**) oraz Wu i in. (2009) (**Publikacje B4 i B5**),
- oznaczenie wskaźnika rozpuszczalności substancji azotowych według metodyki przedstawionej przez Jackman i Yada (1988) (**Publikacje B1 - B3**) oraz przez Achouri i in. (2012) (**Publikacje B4 i B5**),
- oznaczenie wydajności pienienia i trwałości piany, zgodnie z opisem przedstawionym przez Puskiego (1975) (**Publikacja B3**), Rutkowskiego i Kozłowską (1981) (**Publikacja B2**), i przez Jeżowskiego i in. (2020) (**Publikacje B4 i B5**),
- oznaczenie aktywności emulgowania i trwałości emulsji, zgodnie z metodyką przedstawioną przez Yasumatsu i in. (1972) (**Publikacja B3**) oraz przez Miedzianka i in. (2012) (**Publikacje B4 i B5**),
- pomiar barwy metodą obiektywną, przy użyciu spektrofotometru CM-5 (Konica Minolta) (**Publikacja B2**).

3.5 Oznaczenie profilu aminokwasowego preparatów białkowych

Skład aminokwasowy oznaczono za pomocą chromatografii jonowymiennej po 23 godzinnej hydrolizie z 6N HCl w temperaturze 110°C, zgodnie z metodyką opisaną przez Spackman i in. (1958) i Miedzianka i in. (2012) (**Publikacje B1- B5**). Po upływie tego czasu nadmiar kwasu odparowywano w temperaturze 45°C, kilkakrotnie przepłukując próbki wodą dejonizowaną. Aminokwasy po hydrolizie oznaczono przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów AAA-400 (Ingos, Czechy). Detektorem był fotometr pracujący przy długościach fali 440 i 570 nm. Rozdział przeprowadzono w kolumnie 350 × 3,7 mm wypełnionej wymiennicem jonowym Ostion LG ANB lub Ostion LG FA (Ingos, Czechy). Temperatura kolumny wynosiła 40 - 70°C, a detektora 121°C. Fazę ruchomą stanowił zestaw buforów o gradiencie pH oraz roztwór ninhydryny. Skład aminokwasowy wyrażono w g/16g

N. Kalkulacje przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego Chromulan. Nie przeprowadzono analizy w odniesieniu do tryptofanu. Analizy wykonano równolegle w dwóch powtórzeniach analitycznych.



Rysunek 1. Przykładowy chromatogram profilu aminokwasów rozdzielanych metodą chromatografii jonowymiennej.

- 3.6 Wyznaczenie stopnia hydrolizy białek w preparatach białkowych zgodnie z metodyką opisaną przez Adler-Nissen (1986) (**Publikacja B2**)
- 3.7 Wyznaczenie stopnia N-acetylacji preparatów białkowych zgodnie z metodą opisaną przez Habeeb (1966) (**Publikacje B4 i B5**)
- 3.8 Rozdział frakcji białek metodą elektroforezy Tris-Tricine SDS-PAGE, zgodnie z opisem przedstawionym przez Schägger i von Jagow (1987) (**Publikacja B2**) i w żelu poliakryloamidowym złożonym z siarczanu dodecyłu sodu (SDS-PAGE), zgodnie z opisem przedstawionym przez Laemmli (1970) (**Publikacje B4 i B5**)
- 3.9 Oznaczenie strawności białek w preparatach białkowych metodą symulującą dwuetapowe trawienie multienzymatyczne, zgodnie z opisem przedstawionym przez Kowalczewskiego i in. (2019) i Zielińską-Dawidziak i in. (2020) (**Publikacja B4 i B5**)

3.10 Widma IR próbek wykonano przy zastosowaniu spektrometru w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR), firmy Perkin Elmer, wyposażonego w urządzenie ATR z diamentem jako wewnętrznym elementem odbijającym), zgodnie z opisem przedstawionym przez Kowalczewskiego i in. (2022) (**Publikacja B5**)

3.11 Analiza statystyczna wyników badań

Analizę statystyczną wszystkich danych przeprowadzono stosując analizę wariancji ANOVA, przy wykorzystaniu program Statistica w wersjach 8.0, 9.0 lub 13.3 (Dell Software Inc., Round Rock, TX, USA). Celem określenia istotności wpływu dawek czynników modyfikujących na skład chemiczny oraz profil aminokwasowy preparatów, zastosowano analizę wariancji jednokierunkową jednoczynnikową, natomiast porównując wpływ zastosowanych enzymów w modyfikacji preparatów białkowych wykorzystano dwukierunkową analizę wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi zweryfikowano testem Duncana na poziomie istotności $p=0,05$.

4. Omówienie wyników badań

4.1. Wprowadzenie do problematyki badawczej podjętej po uzyskaniu stopnia doktora

Badania podjęte po doktoracie były kontynuacją problematyki związanej z jakością pozyskiwanych z soku ziemniaczanego preparatów białkowych, w tym ich właściwości funkcjonalnych. Jak wykazano wcześniej, zastosowanie obniżonej temperatury koagulacji białek w soku ziemniaczanym, w efekcie zwiększenia jego siły jonowej, poprzez zastosowanie soli jak, np. chlorek wapnia i mleczan wapnia, umożliwia otrzymanie preparatów wykazujących właściwości funkcjonalne, szczególnie w zakresie wiązania wody i oleju, a także trwałych emulsji typu olej w wodzie. Dobre właściwości preparatów pozyskiwanych z soku ziemniaczanego w efekcie ogrzewania go w temperaturze 80°C, skłaniały do kontynuacji badań, ukierunkowanych na poprawę niskiej rozpuszczalności w wodzie takich preparatów. Na podstawie dostępnej literatury uznano, że poddanie modyfikacji enzymatycznej lub chemicznej preparatów białek ziemniaka i innych białek roślinnych, wpłynie na zwiększenie ich rozpuszczalności w wodzie, powodując jednocześnie poprawę powiązanych właściwości funkcjonalnych. W badaniach zwrócono uwagę na możliwość występowania różnic w procesie modyfikacji izolatów białkowych zawierających co najmniej 90% białka oraz koncentratów, w których składniki niebiałkowe stanowiły od 20 do 35%. Należało brać pod uwagę wpływ zarówno przemiany składników azotowych

(białkowych), jak i związków niebiałkowych, w tym przede wszystkim węglowodanów, zachodzących w trakcie prowadzonej modyfikacji koncentratu białkowego, na właściwości funkcjonalne i wartość odżywczą preparatów modyfikowanych, w tym na ich profil aminokwasowy oraz strawność. Prowadzone w różnych ośrodkach na świecie modyfikacje chemiczne, w tym acetylacja i fosforylacja naturalnego polimeru jakim jest skrobia, sugerowały zasadność modyfikacji innego naturalnego polimeru - białka, celem otrzymania preparatów o poprawionych właściwościach funkcjonalnych, a szczególnie rozpuszczalności w wodzie. Z tych badań wynikało, że oprócz właściwości preparatu poddawanego modyfikacji istotne są warunki modyfikacji, w tym modyfikująca substancja chemiczna i jej ilość w stosunku do ilości preparatu, a także warunki prowadzenia modyfikacji enzymatycznej, w tym rodzaje użytych enzymów, pH reakcji, temperatura i czas procesu.

4.2. Wpływ warunków hydrolizy enzymatycznej białek ziemniaka na właściwości i profil aminokwasowy otrzymanych preparatów białkowych (Publikacje B1 i B2)

Koncentraty białka ziemniaczanego otrzymane w warunkach laboratoryjnych w procesie koagulacji z udziałem chlorku wapnia, mleczanu wapnia oraz termicznej, bez udziału soli (PPC1-3), jak i handlowy preparat białka ziemniaka (PPC_{PPZ} Niechlów) poddano hydrolizie enzymatycznej stosując komercyjne preparaty proteolityczne: endopeptydazę (Alcalase®) oraz preparat Flavourzyme®, zawierający endo- i egzopeptydazę (**Publikacja B1**). Otrzymane metodą laboratoryjną koncentraty, przed modyfikacją, charakteryzowały się wysoką zawartością białka ogółem 80-82% i zawartością popiołu, poniżej 1,2% (Tabela 2, **Publikacja B1**) wykazując jednocześnie słabą rozpuszczalność w wodzie. Preparaty uzyskane przy użyciu soli wapniowych charakteryzowała rozpuszczalność około 30%, natomiast preparat handlowy białka ziemniaczanego rozpuszczał się na poziomie 7% (Rysunek 1, **Publikacja B1**). Analiza składu aminokwasowego tych preparatów wykazała ich korzystny profil, ze szczególnie wysoką zawartością kwasu asparaginowego i glutaminowego oraz lizyny, leucyny i aminokwasów aromatycznych (Tabela 3 i 4, **Publikacja B1**). Hydrolizaty białkowe należą do największej grupy preparatów wykorzystywanych w produkcji żywności. Ponieważ białko ziemniaka jest odporne na działanie wielu enzymów, przeprowadzono badania z wykorzystaniem różnych preparatów enzymatycznych, w celu określenia, który z nich w największym stopniu przyczyni się do zwiększenia rozpuszczalności analizowanych preparatów w wodzie. **Były to badania nowatorskie pod względem rodzaju preparatów poddawanych hydrolizie enzymatycznej.**

Wykazano istotny wpływ warunków proteolizy, w tym rodzaju użytych enzymów, na zwiększenie rozpuszczalności powstałych preparatów białkowych (Rysunek 1, Publikacja B1). Rozpuszczalność koncentratów laboratoryjnych, szczególnie powstałych przy zastosowaniu soli wapniowych w procesie koagulacji i po zastosowaniu enzymu Alcalase®, zwiększyła się prawie dwukrotnie. Hydroliza przeprowadzona przy użyciu mieszaniny enzymów, tj. Alcalase® i Flavourzyme®, umożliwiła dalszy, nieznaczny statystycznie wzrost rozpuszczalności białek. Największy, prawie ośmiokrotny, wzrost rozpuszczalności dotyczył handlowego preparatu białka ziemniaczanego.

Hydroliza prowadzona z wykorzystaniem jednego enzymu (Alcalase®) przyczyniła się do zmniejszenia udziału wszystkich aminokwasów w białku zawartym w preparatach poddawanych takiej modyfikacji, za wyjątkiem preparatu, w którym białko koagulowano metodą termiczną, bez udziału soli. Zastosowanie dodatkowo enzymu Flavourzyme® w procesie hydrolizy koncentratów powstałych z udziałem soli wapniowych oraz preparatu handlowego, przyczyniło się do zwiększenia zawartości aminokwasów w powstałych preparatach. Charakteryzowały się one podobną zawartością aminokwasów jak niemodyfikowane koncentraty (Tabela 3 i 4, **Publikacja B1**). W efekcie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość takich aminokwasów, jak histydyna, fenyloalanina i tyrozyna oraz metionina i cysteina była istotnie wyższa w hydrolizatach, niż w wyjściowym białku ziemniaczanym.

Korzystne wyniki wcześniej wykonanych doświadczeń (**Publikacja B1**) skłoniły do przeprowadzenia dalszych, poszerzonych badań nad możliwością poprawy właściwości funkcjonalnych handlowego preparatu białka ziemniaczanego, wykorzystywanego jako dodatek do pasz. W badaniach wykorzystano koncentrat białka ziemniaczanego suszony metodą add-back, zawierający zgodnie ze specyfikacją: minimum 80% białka (w s.m.) i nie więcej niż 4.5% (w s.m.) związków popielnych (**Publikacja B2**). Preparat ten charakteryzował się niską rozpuszczalnością (13%), słabą wodochłonnością, olejochłonnością, aktywnością emulgowania i trwałością emulsji (Tabela 2, **Publikacja B2**). Do hydrolizy enzymatycznej wybrano endopeptydazę (Alcalase®) oraz zastosowano dwa różne czasy tego procesu (2 i 4 godziny). Vioque i in. (1999) wykazali, że dłuższy czas hydrolizy przyczynia się do uzyskania preparatów o korzystniejszym smaku, bogatym w łatwo strawne aminokwasy, jednakże takie preparaty mogą nie wykazywać pożądaných w produkcji żywności cech funkcjonalnych. **Przedstawione badania były innowacyjne pod względem wykorzystania paszowego białka ziemniaka jako surowca w produkcji hydrolizatów o korzystnych cechach pożądaných w produkcji żywności.**

W wyniku przeprowadzonej 2-godzinnej hydrolizy otrzymano preparaty o zmniejszonej zawartości leucyny i aminokwasów aromatycznych, tj. fenyloalaniny i tyrozyny. Natomiast wydłużanie procesu hydrolizy (do 4 h) przyczyniło się do uwolnienia większej ilości aminokwasów, głównie kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego i alaniny. Preparaty te charakteryzowały się korzystniejszym profilem aminokwasowym niż otrzymane po dwóch godzinach hydrolizy (Tabela 1, **Publikacja B2**). W efekcie przeprowadzonej hydrolizy białek w koncentracji zwiększono ich rozpuszczalność z 13% do powyżej 98% oraz ponad 4-krotnie olejochłonność, już po 2 godzinnej hydrolizie (Tabela 2, **Publikacja B2**). Wynikało to głównie ze zmniejszenia masy cząsteczkowej i wzrostu liczby mniejszych, bardziej hydrofilowych jednostek polipeptydowych (Zhao i in. 2012) oraz jednocześnie ze zwiększenia liczby wolnych grup hydrofobowych. Wysoka rozpuszczalność hydrolizatów otrzymanych w warunkach doświadczenia, czyni je odpowiednimi składnikami produktów spożywczych. Otrzymane preparaty dorównywały pod tym względem białkom sojowym, serwatkowym i kazeinie.

Enzymatyczna modyfikacja koagulowanego termicznie białka z soku ziemniaczanego i ziemniaczanego białka handlowego z wykorzystaniem preparatu enzymatycznego Alcalase® jest korzystną modyfikacją, która może w znaczący sposób wpłynąć na zwiększenie wykorzystania produkowanych już w przemyśle krochmalniczym preparatów białka ziemniaczanego do celów spożywczych. Ze względu na korzystny profil aminokwasowy hydrolizatów białek ziemniaka mogą one uzupełniać i podnosić wartość odżywczą produktów spożywczych (dla sportowców, rekonwalescentów, osób cierpiących na choroby przewodu pokarmowego itp.).

4.3. Wpływ warunków fosforylacji białek ziemniaka na wybrane właściwości funkcjonalne i profil aminokwasowy otrzymanych modyfikatów (Publikacja B3)

Procesowi fosforylacji – modyfikacji z wykorzystaniem trimetafosforanu sodu (SMTP) - poddano izolat białka ziemniaczanego otrzymany w warunkach laboratoryjnych, zawierający ponad 86% białka rzeczywistego i wykazujący słabą rozpuszczalność, tj. 22.67% (Tabela 1 i Rysunek 2, **Publikacja B3**). Wysoką czystość preparatu uzyskano dzięki izolacji prowadzonej w soku z nieobranej bulwy metodą termiczną z udziałem chlorku wapnia, co pozwoliło oddzielić część pektyn. Zastosowanie roztworu chlorku wapnia w procesie koagulacji białek ziemniaczanych pozwoliło ponadto na obniżenie temperatury koagulacji oraz powstanie dużych agregatów białkowych, ułatwiających ich wydzielenie z soku. Proces fosforylacji prowadzono w warunkach uwzględniających wpływ pH. Przyjęto różne wartości

pH takie, jak 5,2; 6,2; 8,0 i 10,5. Preparaty białka fosforylowanego przed liofilizacją były przemywane wodą destylowaną do uzyskania wartości konduktancji zmierzonej w wodzie destylowanej. **Nowatorskim elementem badań było zastosowanie procesu fosforylacji do modyfikacji białek ziemniaka. Dotychczas w literaturze nie ma informacji o wykorzystaniu tego procesu do modyfikacji właściwości funkcjonalnych białek ziemniaczanych.**

Fosforylacja badanego izolatu białka ziemniaczanego przyczyniła się do nieznacznego i statystycznie nieistotnego wzrostu rozpuszczalności preparatów modyfikowanych w pH=5,2 i 8,0 (wartości około 25%) (Rysunek 2, **Publikacja B3**). Ponadto stwierdzono, że prowadzenie reakcji fosforylacji przy użyciu SMTP w zasadowym środowisku (pH=8,0) poprawia większość analizowanych właściwości funkcjonalnych powstałych preparatów, tj. ich olejochłonność (Rysunek 1B, **Publikacja B3**), właściwości emulgujące (Rysunek 3A, **Publikacja B3**) i pianotwórcze (Rysunek 3B, **Publikacja B3**). Najwyższą wodochłonnością (6,26 g wody/g preparatu) charakteryzował się preparat uzyskany w pH=10,5 (Rysunek 1A, **Publikacja B3**).

Preparaty białka ziemniaczanego fosforylowanego w środowisku zarówno kwaśnym, jak i zasadowym, zawierały więcej białka ogółem (Tabela 1, **Publikacja B3**) i aminokwasów egzogennych (Tabela 3, **Publikacja B3**), w porównaniu do izolatu niepoddanego modyfikacji. Preparaty te zawierały więcej takich aminokwasów, jak leucyna, lizyna i fenyloalanina z tyrozyną, i pod względem wartości odżywczej (profilu aminokwasowego) były porównywalne ze wzorcem FAO (Raport FAO/WHO, 2007). Wykazano, że prowadzenie reakcji w wyższym pH=10,5 powoduje obniżenie zawartości białka i aminokwasów w otrzymanym preparacie (Tabela 1 i 3, **Publikacja B3**), co mogło być wynikiem wprowadzenia grup fosforanowych do łańcuchów polipeptydowych i ich solubilizacji w warunkach alkalicznych. Preparaty białka fosforylowanego wykazywały podwyższoną, w stosunku do izolatu, zawartość fosforu i popiołu całkowitego (Tabela 1 i 2, **Publikacja B3**), co było szczególnie stwierdzane w preparatach modyfikowanych w wysokim pH. Potwierdzało to większą reaktywność grup aminowych w tym środowisku.

Badania właściwości funkcjonalnych preparatów białkowych takie, jak rozpuszczalność, wodochłonność, emulsyjność, pianotwórczość prowadzono w wodzie destylowanej. Otrzymane preparaty fosforylowanego izolatu białka ziemniaczanego charakteryzowały się dobrą wodochłonnością (wartości od 5,36 do 6,26 g/g dla pH=6,2- 10,5) oraz właściwościami pianotwórczymi (wartości od 20,91 do 36,36% dla pH=5,2-10,5), w porównaniu do preparatu niemodyfikowanego.

Dzięki fosforylacji białek ziemniaka uzyskano poprawę wszystkich właściwości funkcjonalnych, jednakże tylko w modyfikacji prowadzonej w warunkach pH=8,0.

4.4 Wpływ warunków acetylacji białek ryżu i dyni na wybrane właściwości funkcjonalne i profil aminokwasowy otrzymanych modyfikatów (Publikacje B4 i B5)

Procesowi acetylacji za pomocą bezwodnika kwasu octowego poddano handlowe koncentraty białka dyniowego o zawartości białka 65% (Tabela 1, **Publikacja B4**) i ryżowego zawierającego 74% białka (Tabela 1, **Publikacja B5**), które charakteryzowały się słabymi właściwościami funkcjonalnymi, ściśle zależnymi od pH roztworu, w którym rozpuszczano preparaty. Niemodyfikowany koncentrat białek dyni wykazywał rozpuszczalność powyżej 10% dopiero w roztworze wodnym o pH=8, natomiast w pH=12 rozpuszczał się już w ponad 60%, co mogło mieć związek z większą zawartością związków węglowodanowych w tym preparacie (Rysunek 2, **Publikacja B4**). Inaczej zachowywał się koncentrat białka ryżu, który nie rozpuszczał się, niezależnie od zastosowanego pH (Rysunek 1, **Publikacja B5**). Oba preparaty wykazywały słabą olejochłonność, na poziomie 1,0 ml/g, a wodochłonność w zakresie 2,0 g/g (białko ryżowe) – 2,5 g/g (białko dyniowe). Wykazywały natomiast umiarkowane właściwości emulgujące i pianotwórcze. Acetylację tych preparatów prowadzono z użyciem różnych stężeń odczynnika modyfikującego, tj. 0,4; 1,0 i 2,0 ml bezwodnika kwasu octowego/g białka, a otrzymane preparaty badano pod względem właściwości funkcjonalnych i profilu aminokwasowego. **Jak dotąd w literaturze nie odnotowano badań, w których tego typu modyfikacje białek dyni i ryżu były analizowane.**

Spośród analizowanych dawek bezwodnika kwasu octowego, jedynie zastosowanie dawki 2,0 ml bezwodnika kwasu octowego/g białka przyczyniło się do zwiększenia rozpuszczalności badanego koncentratu białek dyni, szczególnie w roztworach wodnych o pH w zakresie 2-8 (Rysunek 2, **Publikacja B4**), natomiast koncentrat białek ryżowych tylko minimalnie zwiększył swoją rozpuszczalność, w roztworze o pH=12 (Rysunek 1, **Publikacja B5**). Wzrost ten mógł wynikać z kowalencyjnego przyłączenia grup acetylowych do grupy aminowej białka, co przyczyniło się do rozwinięcia struktury białka i zmniejszenia przyciągania elektrostatycznego grup funkcyjnych. Wyeksponowane w ten sposób grupy hydrofilowe wykazywały zwiększoną reaktywność (Lee i in., 2022).

Acetylacja poprawiła wodochłonność i olejochłonność koncentratu białek dyni i ryżu już po zastosowaniu bezwodnika w dawce 0,4 ml/g. Modyfikacja ta wpłynęła w większym stopniu na poprawę w/w właściwości w preparacie białek dyni w porównaniu do

białek ryżu. Odnotowano dwukrotny wzrost wodochłonności i prawie pięciokrotny wzrost olejochłonności preparatów białek dyni, w porównaniu do próby wyjściowej (Rysunek 3, **Publikacja B4**), natomiast preparat modyfikowanych białek ryżu charakteryzował się o około 1 ml/g większą zdolnością wiązania wody i o około 0,5 ml/g większą olejochłonnością, niepotwierdzoną statystycznie, w stosunku do użytego w modyfikacji koncentratu (Rysunek 2, **Publikacja B5**).

Białka dyniowe i ryżowe uznawane są za wartościowe pod względem odżywczym. Wśród dominujących aminokwasów, obok egzogennej leucyny i argininy, w badanych preparatach stwierdzono znaczne ilości kwasu asparaginowego i glutaminowego, a aminokwasem ograniczającym była lizyna oraz prolina i histydyna w koncentracie białek ryżu (odpowiednio Tabela 2, **Publikacja B4** i Tabela S2, **Publikacja B5**). Acetylacja przyczyniła się do nieznacznego zmniejszenia zawartości białka w preparatach białek dyni, szczególnie widocznych po zastosowaniu bezwodnika w ilości 1 ml/g (Tabela 1, **Publikacja B4**), co prawdopodobnie było efektem strat niektórych białek w procesie modyfikacji. Preparaty te zawierały mniej takich aminokwasów egzogennych, jak lizyna, tyrozyna, metionina z cysteiną oraz fenyloalanina z treoniną (Tabela 2, **Publikacja B4**), co wiązało się ze zmniejszeniem wartości odżywczej tych preparatów. Odwrotną sytuację zanotowano w acetylowanych preparatach białek ryżu. w porównaniu do próby niemodyfikowanej, otrzymane preparaty charakteryzowały się nieznacznie zwiększoną zawartością białka ogółem (Tabela 1, **Publikacja B5**). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy koncentratem białek ryżu a preparatami białek modyfikowanych, pod względem zawartości aminokwasów, za wyjątkiem histydyny, której zawartość zmniejszyła się w efekcie modyfikacji koncentratu białek ryżu większymi dawkami bezwodnika kwasu octowego, tj. 1,0 i 2,0 ml/g (Tabela S2, **Publikacja B5**). Otrzymane w trakcie badań wyniki potwierdzają spostrzeżenia innych autorów, którzy wskazują, że wpływ acetylacji na zawartość białka i profil aminokwasowy białek roślinnych nie jest jednoznaczny.

Acetylacja białek dyni zwiększyła ich strawność, szczególnie w próbie poddanej działaniu bezwodnika octowego w dawce 1,0 ml/g (Tabela 3, Publikacja B4), natomiast nie stwierdzono wpływu acetylacji na strawność białek ryżu (Tabela 1, Publikacja B5). Badania strawności preparatów białkowych z dyni i ryżu, prowadzonych przy użyciu metody symulującej dwuetapowe trawienie, wykazały znaczne zróżnicowanie pod względem ilości białka uwalnianego do płynu jelitowego podczas trawienia białek w preparatach dyniowych i ryżowych. Stwierdzono, że strawność zarówno koncentratów, jak i preparatów białek

acetylowanych pochodzących z dyni była mniejsza (25%) niż białek ryżowych (zbliżona do 70%).

5. Podsumowanie

W wyniku hydrolizy częściowo zdenaturowanych białek ziemniaka zawartych w koncentratkach oraz w preparacie handlowym zwiększono ich rozpuszczalność, powyżej 98% oraz ponad 4-krotnie zwiększono olejochłonność. Zastosowanie preparatu enzymatycznego Alcalase® w dwugodzinnym procesie hydrolizy zdenaturowanych białek ziemniaka może być propozycją ich modyfikacji wpływającą na poprawę właściwości funkcjonalnych oraz zwiększenie zakresu wykorzystania w produkcji żywności, również ze względu na korzystny profil aminokwasowy. Potwierdzeniem tej tezy jest wysoka rozpuszczalność hydrolizatów białek ziemniaka otrzymanych w warunkach doświadczenia, porównywalna do białek sojowych, serwatkowych i kazeiny.

Dzięki fosforylacji białek ziemniaka prowadzonej w pH=8,0 uzyskano poprawę wszystkich właściwości funkcjonalnych tego preparatu.

Proces acetylacji koncentratów białek dyni i ryżu w odmienny sposób wpłynął na właściwości funkcjonalne i profil aminokwasowy uzyskanych z nich preparatów. Modyfikacja ta nie poprawiła rozpuszczalności preparatów białek ryżu, nie wpłynęła na ich profil aminokwasowy i tylko w małym stopniu przyczyniła się do zwiększenia ich wodochłonności oraz olejochłonności. Koncentrat białek dyni łatwiej ulegał modyfikacji za pomocą bezwodnika kwasu octowego, szczególnie w dawce 2,0 ml/g i w zakresie pH od 2 do 8. Powstałe preparaty białkowe wykazywały zwiększoną rozpuszczalność, wodochłonność i olejochłonność. Acetylacja białek dyni zwiększyła ich strawność, szczególnie w próbie poddanej działaniu bezwodnika octowego w dawce 1,0 ml/g, natomiast nie stwierdzono wpływu acetylacji na strawność białek ryżu.

Obserwowane w badaniach różnice w efektach modyfikacji analizowanych preparatów białek roślinnych mogą wynikać z występujących w nich w różnej ilości frakcji węglowodanowych, które wpływają zarówno na cechy funkcjonalne i odżywcze otrzymanych modyfikatów, jak również na przebieg samego procesu modyfikacji.

6. Literatura

1. Achouri, A.; Nail, V.; Boye, J.I. Sesame protein isolate: Fractionation, secondary structure and functional properties. *Food Res. Int.* 2012, 46, 360–369.

2. Adler-Nissen, J. Enzymic hydrolysis of food proteins. London, New York, NY,USA: Elsevier Applied Science Publisher, 1986.
3. Akharume, F. U.; Aluko, E. E.; Adedeji, A. A. Modification of plant proteins for improved functionality: a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2021, 20(1), 198-224.
4. Association of Official Agricultural Chemistry AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC, 16th ed.; AOAC: Washington, DC, USA, 1995.
5. Association of Official Agricultural Chemistry AOAC. Method of Analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemistry, Washington, 1996.
6. Association of Official Agricultural Chemistry AOAC. Method of Analysis, 16th ed. Washington, DC, 2005.
7. Asokan, S.; Jayanthi, C. Alkaline protease production by *Bacillus licheniformis* and *Bacillus coagulans*. *Cell Tissue Res.* 2010, 10, 2119–2120.
8. Bergsma, J. Vegan cheese analogue: Google Patents, 2019.
9. Cassity, J. The state of the global plant-based protein market, 2019.
10. Damodaran, S.; Parkin, K.L. (Eds.) Fennema's Food Chemistry, 5th ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017.
11. Day, L.; Cakebread, J.A.; Loveday, S.M. Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends Food Sci. Technol.* 2022, 119, 428–442.
12. El-Adawy, T.A. Functional properties and nutritional quality of acetylated and succinylated mung bean protein isolate. *Food Chem.* 2000, 70, 83–91.
13. FAO/WHO/UNU Report, Energy and Protein Requirements. World Health Organization Technical Report, Series No. 935. Geneva, 2007.
14. Gawęcki J. Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, 2003.
15. Gruener, L.; Ismond, A. H. Effects of acetylation and succinylation on the physicochemical properties of the canola 12S globulin. Part I. *Food Chem.* 1997, 60, 357-363.
16. Habeeb A. F. S. A. Determination of free amino groups in proteins by trinitrobenzenesulfonic acid. *Anal. Biochem.* 1996, 14, 328-336.
17. Hirotsuka, M.; Taniguchi, H. Functionality and digestibility of a highly phosphorylated soybean protein. *Agric. Biol. Chem.* 1984, 48, 93-100.
18. Jackman, R. L.; Yada, R. Y. Functional properties of whey - potato protein composite blends in a model system. *J. Food Sci.* 1988, 53, 1427-1451.
19. Jeżowski, P.; Polcyn, K.; Tomkowiak, A.; Rybicka, I.; Radzikowska, D. Technological and antioxidant properties of proteins obtained from waste potato juice. *Open Life Sci.* 2020, 15, 379–388.
20. Joshi, V. K.; Kumar, S. Meat analogues: Plant based alternatives to meat products – a review. *Inter. J. Food Ferment. Tech.* 2015, 5(2), 107.
21. Kammerdeitch, C.; Weiss, M.; Kasper, C.; Scheper, T. An improvement of potato pulp hydrolyzation process by the combination of protease enzyme system. *Enzyme Microb. Technol.* 2007, 40, 508–514.

22. Katan M. B. Promises and problems of functional foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2004, 44, 369-377.
23. Kolpakova, V. V.; Kulikov, D. S.; Ulanova, R. V.; Gaivoronskaya, I. S.; Chumikina, L. V. Technological solutions and prospects for obtaining protein preparations and composites from legumes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 659, Issue 1, pp. 012139.
24. Komorowska, A. D.; Stecka, K. M. Białka i ich hydrolizaty do celów spożywczych – moda czy potrzeba chwili? *Przem. Spoż.* 1998, 52, 26-28.
25. Kowalczewski, P. Ł.; Olejnik, A.; Białas, W.; Rybicka, I.; Zielińska-Dawidziak, M.; Siger, A.; Kubiak, P.; Lewandowicz, G. The nutritional value and biological activity of concentrated protein fraction of potato juice. *Nutrients* 2019, 11, 1523.
26. Kowalczewski, P. Ł.; Olejnik, A.; Świtek, S.; Bzducha-Wróbel, A.; Kubiak, P.; Kujawska, M.; Lewandowicz, G. Bioactive compounds of potato (*Solanum tuberosum* L.) juice: From industry waste to food and medical applications. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 2022, 41, 52–89.
27. Kowalczyk, D.; Stryjecka, M.; Baraniak, B. Charakterystyka właściwości funkcjonalnych niemodyfikowanych i acylowanych koncentratów białek soczewicy i ich trypsynowych hydrolizatów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2007, 5, 102-112.
28. Krelowska-Kułas, M. Badanie jakości produktów spożywczych. Warsaw: PWE, 1993.
29. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 1970, 227, 680-685.
30. Lawal, O. S.; Adebowale, K. O. The acylated protein derivatives of *Canavalia ensiformis* (jack bean): a study of functional characteristics. *Food Sci. Technol. LWT* 2006, 39, 918-929.
31. Lee, J.S.; Oh, H.; Choi, I.; Yoon, C.S.; Han, J. Physico-chemical characteristics of rice protein-based novel textured vegetable proteins as meat analogues produced by low-moisture extrusion cooking technology. *LWT* 2022, 157, 113056.
32. Li, C. - P.; Enomoto, H.; Hayashi, Y.; Zhao, H.; Aoki, T. Recent advances in phosphorylation of food proteins: a review. *Food Sci. Technol. LWT* 2010, 43, 1295-1300.
33. Lin, M. J. Y.; Humbert, E. S.; Sosulski, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 1974, 39, 368-370.
34. Loveday, S. M. Food proteins: Technological, nutritional and sustainability attributes of traditional and emerging proteins. *Annual review of food science and technology*, 2019, 10, 311–339.
35. Ma, K. K.; Greis, M.; Lu, J.; Nolden A. A.; McClements, D. J.; Kinchla A. J. Functional performance of plant proteins. *Foods* 2022, 11(4), 594.
36. Miedzianka, A.; Pęksa, A.; Aniołowska, M. Properties of acetylated potato protein preparations. *Food Chem.* 2012, 133, 1283–1291.
37. Moure, A. ; Sineiro, J. ; Domínguez, H. ; Parajó, J. C. Functionality of oilseed protein products: a review. *Food Res. Inter.* 2006, 39, 945-963.
38. Nikbakht Nasrabadi, M.; Sedaghat Doost, A.; Mezzenga, R. Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocoll.* 2021, 118, 106789.

39. Olajugbe, F. M.; Ajele, J. O. Thermostable alkaline protease from *Bacillus licheniformis* LBBL-11 isolated from traditionally fermented African locust bean (*Parkia biglobosa*). *J. Food Biochem.* 2011, 35, 1–10.
40. Ortiz, S. E. M.; Wagner, J. R. Hydrolysates of native and modified soy protein isolates: structural characteristics, solubility and foaming properties. *Food Res. Inter.* 2002 35, 511-518.
41. Pham, T. T.; Tran, T. T. T.; Ton, N. M. N.; Le, V. V. M. Effects of pH and salt concentration on functional properties of pumpkin seed protein fractions. *J. Food Process. Preserv.* 2016, 41, 13–73.
42. Puski, G. Modification of functional properties of soy proteins by proteolytic enzyme treatment. *Cereal Chem.* 1975, 52, 655-662.
43. Rutkowski, A.; Kozłowska, H. *Preparaty żywnościowe z białka roślinnego.* Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa, 1981.
44. Schagger, H.; von Jagow, G. Tricine-sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 kDa. *Anal. Biochem.* 1987 166, 368–379.
45. Schreuders, F. K.; Dekkers, B. L.; Bodnár, I.; Erni, P.; Boom, R. M.; van der Goot, A. J. Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. *J. Food Eng.* 2019, 261, 32–39.
46. Sosulski, F.W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chem.* 1962, 39, 344-350.
47. Spackman, D. H.; Stein, W. H.; Moore, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography amino acid. *Anal. Biochem.* 1958, 30, 1190-1206.
48. Szczepaniak, W. *Instrumental methods in chemical analysis (in Polish).* Warsaw: PWN, 2004.
49. Tsumura, K. ; Saito, T. ; Tsuge, K. ; Ashida, H. ; Kugimiya, W. ; Inouye, K. Functional properties of soy protein hydrolysates obtained by selective proteolysis. *Food Sci. Technol. LWT* 2005, 38, 255-261.
50. Vioque, J.; Sanchez-Vioque, R.; Clemente, A.; Pedroche, J.; Bautista, J.; Millan, F. Production and characterization of an extensive rapeseed protein hydrolysate. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1999, 76, 819–823.
51. Wani, A. A.; Sogi, D. S.; Singh, P.; Wani, I. A. Characterisation and functional properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds proteins. *J. Sci. Food Agric.* 2011, 91, 113–121.
52. Wu, H.; Wang, Q.; Ma, T.; Ren, J. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Res. Inter.* 2009, 42, 343-348.
53. Yasumatsu, K.; Sawada, K.; Moritaka, S.; Misaki, M.; Toda J.; Ishii, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem.* 1972, 36, 719–722.
54. Yoshie – Stark, Y.; Wada, Y.; Schott, M.; Wäsche, A. Functional and bioactive properties of rapeseed protein concentrates and sensory analysis of food application with rapeseed protein concentrates. *Food Sci. Technol. LWT* 2006, 39, 503-512.
55. Zhao, Q.; Xiong, H.; Selomulya, C.; Chen, X. D.; Zhong, H.; Wang, S.; Sun, W.; Zhou Q. Enzymatic hydrolysis of rice dreg protein: Effects of enzyme type on the functional properties and antioxidant activities of recovered proteins. *Food Chem.* 2012, 134: 1360–1367.

56. Zhao, C.-B.; Zhang, H.; Xu, X.-Y.; Cao, Y.; Zheng, M.-Z.; Liu, J.-S.; Wu, F. Effect of acetylation and succinylation on physicochemical properties and structural characteristics of oat protein isolate. *Process. Biochem.* 2017, *57*, 117–123.

57. Zielińska-Dawidziak, M.; Tomczak, A.; Burzyńska, M.; Rokosik, E.; Dwiecki, K.; Piasecka-Kwiatkowska, D. Comparison of *Lupinus angustifolius* protein digestibility in dependence on protein, amino acids, trypsin inhibitors and polyphenolic compounds content. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2020, *55*, 2029–2040.

V. INFORMACJA o WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ w WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KATEDRY, w SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

A) Staż naukowy w Department of Agro-Food Technology, Research Group *Food Quality and Safety*, Universidad Miguel Hernández de Elche, Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Alicante, Hiszpania

Będąc zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowywania Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, odbyłam trzymiesięczny, zagraniczny staż naukowy na Uniwersytecie Miguel Hernandez, Orihuela, Hiszpania (05.05.2014-31.07.2014), gdzie w 2010 roku brałam udział w dwutygodniowym programie międzynarodowym Erasmus Intensive Programme *Opportunities for traditional food at the international markets*. w trakcie stażu realizowałam temat badawczy dotyczący wpływu warunków blanszowania ziemniaków przy użyciu różnych przypraw bogatych w olejki eteryczne na cechy fizykochemiczne i sensoryczne otrzymanych z nich frytek, gdzie miałam okazję poszerzyć swoje umiejętności z zakresu analizy związków lotnych przy użyciu chromatografu gazowego firmy Shimadzu, wyposażonego w detektor masowy (GC-MS QP-5050A). Ponadto podczas stażu brałam czynny udział w szkoleniach z zakresu analizy sensorycznej. w wyniku pozyskanych umiejętności, przeprowadziłam, wraz z zespołem prof. Ángela Carbonell-Barrachina, analizę sensoryczną przekąsek kukurydzianych wzbogaconych w niekonwencjonalne dodatki (tj. topinambur, amarantus i dynię). Analizowane produkty były otrzymywane w ramach realizacji międzynarodowego projektu E!6855/45/NCBiR/2012 (**Zał. 3., II, 4.1**), w którym byłam wykonawcą. Doświadczenie, które zdobyłam w trakcie wyjazdu utwierdziło mnie w przekonaniu, że współpraca z innymi ośrodkami naukowymi jest bardzo ważna w kontekście rozwoju naukowego oraz obserwowania i implementacji dobrych praktyk. Efektem tego stażu było współautorstwo publikacji (**Zał. 3., II, 1.2.: 15**) i doniesienia naukowego (**Zał. 3., II, 2.2.: 16**):

Pęksa A., Kita A., Carbonell-Barrachina A.A., **Miedzianka J.**, Kolniak-Ostek J., Tajner-Czopek A., Rytel E., Siwek A., Miarka D., Drożdż W. 2016. Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. *LWT-Food Science and Technology* 72, 26-36.

Pęksa A., Kita A., **Miedzianka J.**, Tajner-Czopek A., Rytel E., Siwek A., Miarka D., Carbonell-Barrachina A. 2015. Cechy organoleptyczne chrupiek kukurydzianych z dodatkiem mąki z topinamburu, amarantusa lub miąższu dyni otrzymanych w zróżnicowanych warunkach technologicznych. XLII Konferencja Naukowa *Żywność-Zdrowie-Przyszłość*, 25-26 czerwca 2015, Lublin, 237.

Kontynuując współpracę, w 2020 roku w ramach międzyuczelnianej współpracy (Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu i Uniwersytetem Miguela Hernández w Elche) podjęłam badania, pod kierownictwem prof. dr hab. Agnieszki Kity, z zespołem z Katedry Nauk o Roślinach i Mikrobiologii, Department of Plant Sciences and Microbiology, Research Group *Plant Production and Technology*, Polytechnic School of Orihuela. Opublikowane badania dotyczyły analizy związków bioaktywnych występujących w siedmiu odmianach opuncji figowej (**Zał. 3., II, 1.2.: 26**):

Kolniak-Ostek J., Kita A., **Miedzianka J.**, Andreu-Coll L., Legua P., Hernandez F. 2020. Characterization of bioactive compounds of *Opuntia ficus – indica* (L.) mill. Seeds from Spanish cultivars. *Molecules*, 25, 5734.

B) Współpraca z zagranicznymi i krajowymi ośrodkami naukowymi

1. Współpraca z Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università Politénica delle Marche, Ancona, Włochy

W 2020 roku została nawiązana współpraca z Wydziałem Nauk o Rolnictwie, na Politechnice w Marche, Ancona we Włoszech. Celem przeprowadzonych badań było określenie zmienności morfologicznej owoców drzewa populacji *Balanites aegyptiaca*, naturalnie rosnących w lesie Okalma w południowo-wschodnim Sudanie. Badania zmienności cech chemicznych skupiono na ziarnie, a głównym celem było podkreślenie potencjału surowca do produkcji oleju jadalnego. Efektem tej współpracy jest publikacja (**Zał. 3., II, 1.2.: 25**):

Ahmed, A.A.O., Kita, A., Nemš, A., **Miedzianka, J.**, Foligni, R., Abdalla, A.M.A., Mozzon, M. 2020. Tree-to-tree variability in fruits and kernels of a *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. population grown in Sudan. *Trees – Structure and Function*, 34, 111-119.

2. Współpraca z Katedrą Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

Od 2020 roku współpracuję również z dr inż. Przemysławem Łukaszem Kowalczewskim, z Katedry Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydziału Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, którego doświadczenie w zakresie analizy jakościowej i ilościowej wtórnych metabolitów roślinnych, tj. glikoalkaloidów i polifenoli, wykorzystałam w opisie związków zawartych w kielkach ziemniaków oraz w nasionach i algach bogatych w białko. Efektem tej współpracy są dwie publikacje (**Zał. 3., II, 1.2.: 23 i 34**):

Miedzianka J., Pęksa A., Nemš A., Drzymała K., Zambrowicz A., Kowalczewski P. 2020. Trypsin inhibitor, antioxidant and antimicrobial activities as well as chemical composition of potato sprouts originating from yellow- and colored-fleshed varieties. *Journal of Environmental Science and Health – Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 55, 1, 42-51.

Miedzianka J., Lachowicz-Wiśniewska S., Nemš A., Kowalczewski P.Ł., Kita A. 2022. Comparative evaluation of the antioxidative and antimicrobial nutritive properties and potential bioaccessibility of plant seeds and algae rich in protein and polyphenolic compounds. *Applied Sciences*, special Issue “Recent Advances in Applied Microbiology and Food Sciences”, 12, 8136.

3. Współpraca z Katedrą Biochemii i Analizy Żywności, Wydziału Nauk o Żywności i Żywienia, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

W 2021 roku prowadząc badania dotyczące wpływu modyfikacji chemicznej przy użyciu bezwodnika kwasu octowego na skład i właściwości funkcjonalne handlowego preparatu białkowego z dyni, poszukiwałam możliwości poszerzenia zakresu wykonywanych badań o analizę strawności białka w otrzymanych modyfikatach. Analiza została wykonana przez dr hab. Magdalenę Zielińską-Dawidziak, prof. UPP, pracującą w Katedrze Biochemii i Analiz Żywności, Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Podjęta współpraca zaowocowała **Publikacjami B4 i B5**, przedstawionymi w omawianym cyklu osiągnięć (**Zał. 3., I, 1.: 4 i 5**):

Miedzianka J., Walkowiak K., Zielińska-Dawidziak k., Zambrowicz A., Wolny S., Kita A. 2023. The functional and physicochemical properties of rice protein concentrate subjected to acetylation. *Molecules*, Special Issue „Emerging protein sources for food production and human nutrition, 28(2), 770.

Miedzianka J., Zambrowicz A., Zielińska-Dawidziak M., Drożdż W., Nemś A. 2021. Effect of acetylation on physicochemical and functional properties of commercial pumpkin protein concentrate. *Molecules*, Special Issue „Emerging protein sources for food production and human nutrition, 26(6), 1575.

4. Współpraca z Zakładem Farmakologii Doświadczalnej i Klinicznej, Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

W 2020 roku, będąc członkiem zespołu pracującego pod kierunkiem prof. dr hab. Agnieszki Kity, podjęłam współpracę z zespołem z Zakładu Farmakologii Doświadczalnej i Klinicznej, Uniwersytetu Medycznego w Lublinie, pod kierownictwem prof. dr hab. Waldemara Andrzeja Turskiego. Celem pracy było zbadanie zawartości związków biologicznie czynnych oraz tryptofanu będącego prekursorem kwasu kynureninowego, w nowych odmianach ziemniaków. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie *Journal of Food Composition and Analysis* (**Zal. 3., II, 1.2.: 35**):

Kita, E. Rytel, J. **Miedzianka**, W.A. Turski, K. Wicha-Komsta, A. Z. Kucharska, T. Lenartowicz. 2023. The content of biologically active compounds in potato tubers of Ismena and Provita varieties – a comparison. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104898.

VI. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ

A) Osiągnięcia dydaktyczne

1. Koordynator przedmiotów (opracowanie treści programowych, sposobu realizacji wszystkich form zajęć i oceny efektów uczenia oraz prowadzenia zajęć)

1.1. Przedmioty prowadzone w j. angielskim:

a) *Food Analysis* – prowadzonego w języku angielskim dla studentów programu *Erasmus* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie wykładów i ćwiczeń od roku 2018/2019.

- b) *Contemporary trends in plant products technology***- prowadzonego w języku angielskim dla studentów programu *Erasmus* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2017/2018.
- c) *Potato products technology*** - prowadzonego w języku angielskim dla studentów programu *Erasmus* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2021/2022.
- d) *Carbohydrate technology*** - prowadzonego w języku angielskim dla studentów programu *Erasmus* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2018/2019.

1.2 Przedmiot prowadzony w j. polskim:

Żywność wegańska i wegetariańska – przedmiot autorski (samodzielnie opracowane wykłady i ćwiczenia), prowadzone dla studentów studiów II stopnia kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, od roku akad. 2022/2023.

2. Prowadzenie zajęć, nieujętych w pkt. 1:

- a) *Współczesne trendy w technologii żywności*** - prowadzonego dla studentów studiów II stopnia kierunku *Zootechnika* na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie wykładów i ćwiczeń od roku akad. 2022/2023.
- b) *Nowoczesne metody badania zanieczyszczeń i zafalszowań żywności*** - prowadzonego dla studentów studiów II stopnia kierunku *Zarządzanie Jakością i Analiza Żywności* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2016/2017.
- c) *Analiza żywności*** - prowadzonego dla studentów studiów I stopnia kierunkach: *Biotechnologia, Żywnienie Człowieka i Dietetyka* oraz *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2016/2017.
- d) *Technologia tłuszczów roślinnych*** - prowadzonego dla studentów studiów I stopnia kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2021/2022.
- e) *Technologia węglowodanów i tłuszczów roślinnych i*** - prowadzonego dla studentów studiów I i II stopnia kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* oraz dla

studentów studiów I. stopnia kierunku *Bezpieczeństwo, Żywności* Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2016/2017.

f) *Odchylenia jakości produktów roślinnych* - prowadzonego dla studentów studiów I stopnia kierunku *Zarządzanie Jakością i Analiza Żywności* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2016/2017.

g) *Towaroznawcza analiza żywności* - prowadzonego dla studentów studiów i stopnia kierunku *Bezpieczeństwo Żywności* na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, prowadzenie ćwiczeń od roku akad. 2016/2017.

h) *Technologia węglowodanów* dla studentów i stopnia na kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka*, na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

i) *Ogólna technologia żywności* dla studentów i stopnia na kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka*, na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

j) *Technologia przetwórstwa węglowodanów* dla studentów i stopnia na kierunkach: *Technologia żywności i żywienie człowieka, Biotechnologia i Towaroznawstwo* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności oraz na kierunku *Bezpieczeństwo żywności* na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

k) *Towaroznawstwo produktów węglowodanowych* dla studentów i stopnia na kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

l) *Przetwórstwo skrobi i analiza węglowodanów* dla studentów i stopnia na kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

m) *Technologia węglowodanów (specjalizacja: Zarządzanie jakością i towaroznawstwo)* dla studentów II stopnia na kierunku *Technologia żywności i żywienie człowieka* na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

n) *Technologia żywności i potraw* dla studentów i stopnia na kierunku *Dietetyka* na Wydziale Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu.

3. Opieka nad studentami zagranicznymi z Uniwersytetem Caen Normadie, z Francji, realizującym projekt *Development of an innovative food product based on the application of*

food industry by-products preparations: a prior look at possibilities na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, rok. akad. 2016/2017 – 2017/2018.

4. Opieka nad pracami dyplomowymi (ilość prac zrealizowanych do czerwca 2023 r.):

Promotor: 1. pracy licencjackiej, 22. prac inżynierskich, 4. prac magisterskich

Recenzent: 2. prac licencjackich, 19. prac inżynierskich, 8. prac magisterskich

5. Promotor pomocniczy 1 pracy doktorskiej, pt. *Wpływ dodatku ekstraktów roślinnych na zawartość związków biologicznie aktywnych i właściwości frytek*, mgr inż. Mateusz Gertchen, data obrony: 10.07.2019

6. Członek Wydziałowej Komisji Programowej dla kierunku *Zarządzanie jakością i analiza żywności*, od 2016 r. do 2018 r.

7. Redaktor gościnny w czasopiśmie *Agriculture* (ISSN: 2077-0472), Special Issue *Agri-Food Processing, Production and Quality Analysis*.

8. Członek Rady Recenzentów w czasopiśmie *Processes* (ISSN: 2227-9717), w 2021 r.

B) Osiągnięcia organizacyjne

1. Nagrody

2019 - Nagroda zespołowa II stopnia Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za osiągnięcia organizacyjne, w szczególności za organizację X Jubileuszowej Konferencji *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*.

2. Udział w organizacjach naukowych polskich i zagranicznych

2009 – obecnie – członek Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

3. Udział w komitetach naukowych/ organizacyjnych konferencji naukowych i międzynarodowych

a) 2018 – sekretarz X Jubileuszowej Konferencji Naukowej *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

b) 2016, 2014, 2010, 2008 – członek komitetu organizacyjnego IX, VIII, VI i V Konferencji Naukowej *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

c) 2010 – członek komitetu organizacyjnego XV Sesji Naukowej Młodej Kadry Naukowej PTTŻ

4. Inne

a) 2022 r. – obecnie – opiekun naukowy SKN Technologii Węglowodanów, Wydział Biotechnologii i Nauk o żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

b) 2019 - obecnie – członek zespołu ds. współpracy z biblioteką Rady Dyscypliny Technologii Żywności i Żywnienia

c) 2018, 2017, 2015, 2014, 2013 - udział w pracach komisji rekrutacyjnej kierunku *Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka* Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

d) 2017, 2015, 2014, 2013, 2012, 2010, 2009 – egzaminator eliminacji okręgowych Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych

e) 2019 – obecnie – członek Wiodącego Zespołu Badawczego *Żywność i Zdrowie* (Food and Health)

f) od 2013 – kierownik pracowni Analizy Produktów Żywnościowych Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

VII. OPRÓCZ KWESTII WYMIENIONYCH w PKT. 1-6, WNIOSKODAWCA MOŻE PODAĆ INNE INFORMACJE WAŻNE z JEGO PUNKTU WIDZENIA, DOTYCZĄCE JEGO KARIERY ZAWODOWEJ

A) Inna działalność naukowa przed nadaniem stopnia doktora niż ujęta w osiągnięciu naukowym

W październiku 2007 roku rozpoczęłam studia doktoranckie w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowywania na Wydziale Nauk o Żywności (obecny Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, pod kierunkiem prof. dr hab. Anny Pęksy. Celem realizowanej pracy doktorskiej pt. *Właściwości funkcjonalne białka ziemniaczanego poddanego modyfikacji chemicznej* było określenie wpływu technologii otrzymywania preparatu białka ziemniaczanego oraz warunków jego modyfikacji chemicznej za pomocą bezwodnika kwasu octowego na skład chemiczny i wybrane właściwości

funkcjonalne uzyskanych modyfikatów. Podjęte badania prowadzone były w czterech etapach: (I) otrzymanie izolatu zawierającego termicznie skoagulowane białko ziemniaczane, (II) otrzymanie koncentratu zawierającego białko w formie naturalnej przy zastosowaniu techniki adsorpcji na żywicy jonowymiennej i dializy za pomocą membran celulozowych, (III) modyfikacja białka w otrzymanym izolacie, różnymi dawkami bezwodnika kwasu octowego i (IV) acetylacja białka zawartego w koncentracie, z zastosowaniem różnych temperatur i przy użyciu różnych dawek odczynnika modyfikującego. W trakcie prowadzonych badań wykazałam, że skład chemiczny oraz właściwości funkcjonalne i odżywcze acetylowanego białka ziemniaczanego zależały od rodzaju preparatu użytego do modyfikacji, ilości zastosowanego bezwodnika kwasu octowego i od temperatury koagulacji białka poprzedzającej acetylację. Większy wpływ na zawartość i udział białka w preparatach, a także na ich skład aminokwasowy miała temperatura koagulacji niż zastosowana dawka bezwodnika. Acetylowane preparaty białka ziemniaczanego otrzymane w wyniku modyfikacji koncentratu wykazywały korzystniejsze właściwości funkcjonalne, w tym olejochłonność, wodochłonność, rozpuszczalność w wodzie i właściwości emulgujące niż acetylowany izolat. Szczególnie korzystnymi właściwościami charakteryzowały się preparaty otrzymane z koncentratu białka ziemniaczanego koagulowanego przed acetylacją w temperaturze 60°C i acetylowane mniejszymi dawkami bezwodnika kwasu octowego. Uzyskane wyniki pozwoliły mi na przygotowanie 2 prac naukowych w czasopismach z listy JCR (**Zał. 3, II, 1.2: 1, 19**) i 1 artykułu spoza listy (**Zał. 3., II, 1.1.: 2**), oraz wygłoszeniu 5 komunikatów naukowych w postaci prezentacji i posterów (**Zał. 3, II, 2.1: 4, 7, 8, 15, 16**). Badania te były finansowane z działalności statutowej celowej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Tematyka tych projektów, których byłam kierownikiem, dotyczyła: (I) analizy rozpuszczalności i wodochłonności izolatów białka ziemniaczanego poddanego procesowi acylacji, (II) określeniu wpływu warunków acylacji i hydrolizy enzymatycznej na cechy funkcjonalne otrzymanych preparatów białka ziemniaczanego, (III) określeniu wpływu izolacji i warunków acylacji białka ziemniaka na właściwości funkcjonalne otrzymanych preparatów (**Zał. 3, II, 10**).

Będąc słuchaczką studiów doktoranckich uczestniczyłam czynnie w badaniach prowadzonych w zespole kierowanym przez prof. dr hab. Grażynę Lisińską. Doświadczenia obejmowały wpływ parametrów surowcowych na właściwości otrzymanych produktów ekstrudowanych. w badaniach tych analizowałam pelety ziemniaczane wzbogacone w otręby pszenne, kukurydziane, zarodki kukurydziane oraz płatki ziemniaczane. Wykazano, że dodatek otrębów pszennych, niezależnie od ich dawki, pozytywnie wpłynął na teksturę

przekąsek. Ponadto wykazano, że zwiększenie udziału wycierki ziemniaczanej w recepturze chrupek przyczyniło się do polepszenia wszystkich cech fizycznych i organoleptycznych, szczególnie w próbach z dodatkiem płatków ziemniaczanych. Otrzymane wyroby charakteryzowały się bardziej chrupką i mniej twardą teksturą, większym stopniem ekspansji, mniejszą gęstością i masą nasypową, większą zawartością tłuszczu oraz jaśniejszą barwą z mniejszym udziałem barwy czerwonej i żółtej. Rezultatem badań było przygotowanie i opublikowanie prac naukowych (Zał. 3., II, 1.1.: 1, 3) oraz ich prezentacja na konferencjach (Zał. 3., II, 2.1:3, 5, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19).

Wówczas nowym kierunkiem badań prowadzonym w Zakładzie Przetworów Ziemniaczanych Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa były badania jakości i składu chemicznego, dotychczas nieznanymi na naszym rynku odmian ziemniaków o czerwonym (tj. Vitelotte, Highland Burgundy Red i Rosalinde) i fioletowym miąższu (tj. Blaue Elise, Blaue St. Galler, Blue Congo i Valfi). Moje zadanie polegało na analizie tekstury, jak i barwy ugotowanych prób ziemniaków. Na podstawie prowadzonych badań wykazano, że ziemniaki tych odmian charakteryzują się dobrymi cechami organoleptycznymi. Badane ziemniaki po ugotowaniu były mączyste, bądź lekko mączyste o wyraźnym lub delikatnym, typowo ziemniaczanym aromacie i smaku. Najlepszymi cechami organoleptycznymi ziemniaków po ugotowaniu charakteryzowały się odmiany o miąższu fioletowym. Wyniki badań zostały zaprezentowane w artykule naukowym i na konferencji w formie komunikatu (Zał. 3., II 1.1.: 4 i 2.2.: 3).

B) Działalność naukowo-badawcza po nadaniu stopnia doktora:

Po otrzymaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia, zostałam zatrudniona w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu najpierw na stanowisku asystenta, potem adiunkta. w mojej pracy naukowej badania koncentrowały się i nadal dotyczą głównie trzech obszarów badawczych, którymi są: (I) funkcjonalne przekąski ekstrudowane wzbogacone w składniki odżywcze, (II) związki prozdrowotne i antyżywnieniowe w ziemniakach oraz w produktach ziemniaczanych, (III) analiza właściwości preparatów białkowych z surowców roślinnych.

(I) funkcjonalne przekąski ekstrudowane wzbogacone w składniki odżywcze

Rozwój funkcjonalnych, ekstrudowanych przekąsek wzbogaconych w składniki odżywcze to interesująca strategia promująca spożycie składników bogatych

w przeciwutleniacze takich, jak na przykład polifenole. Wykorzystanie niekonwencjonalnych ekologicznie dodatków do otrzymywania produktów ekstrudowanych stało się tematyką międzynarodowego projektu badawczego: *Wpływ parametrów surowcowych i technologicznych na właściwości ekstrudowanych produktów przekąskowych wzbogaconych w składniki organiczne po wytworzeniu i podczas przechowywania*, w którym byłam wykonawcą. Projekt był współfinansowany z funduszy Unii Europejskiej, w ramach inicjatywy EUREKA: !6855 ECORAW pt. *Higher functionality of food products from organic vegetable raw material*, przyznany na lata 2012-2015 (**Zał. 3, II, 4.1**). Wiedza oraz umiejętności zdobyte przez mnie podczas stażu na Uniwersytecie Miguel Hernandez, Orihuela, Hiszpania bezpośrednio przyczyniły się do osiągnięcia jednego z celów realizowanych założeń, tj. analizie sensorycznej przekąsek kukurydzianych wzbogaconych w niekonwencjonalne dodatki (tj. topinambur, amarantus i dynię). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że mąka z amarantusa nie zmieniła znacząco cech sensorycznych (zwłaszcza wyglądu i konsystencji) zwykłych przekąsek kukurydzianych, natomiast wpływ topinamburu i dyni na strukturę przekąsek kukurydzianych był na tyle negatywny, że wykluczał ich zastosowanie w przemyśle spożywczym. Spośród wszystkich analizowanych chrupiek wzbogaconych w składniki odżywcze, najlepsze okazały się próby otrzymane w temperaturze 160°C, w których akceptacja sensoryczna osiągnęła wartość powyżej 70%. Efektem tej współpracy było współautorstwo publikacji (**Zał. 3., II, 1.2.: 11, 12, 14, 15**) i doniesień naukowych (**Zał. 3., II, 2.2.: 16, 19, 20, 30**).

(II) związki prozdrowotne i antyżywnieniowe w ziemniakach oraz w produktach ziemniaczanych

Wraz z dr inż. Agnieszką Nemś i prof. dr hab. Anną Pęksą, pracownikami Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, uczestniczyłam w badaniach dotyczących analizy profilu aminokwasowego ziemniaków o różnej barwie mięszu w zależności od warunków przechowywania. Uzyskany grant (2013/11/NZ9/00117) pt. *Zmiany profilu aminokwasowego ziemniaków o różnej barwie mięszu podczas przechowywania* (**Zał. 3., II, 4.1**) pozwolił na prowadzenie zaplanowanych badań. Na podstawie otrzymanych wyników opublikowano prace (**Zał. 3., II, 1.2.: 20, 27**) i komunikaty naukowe (**Zał. 3., II, 2.2.:6, 7, 8, 21, 33, 47**), które zaprezentowano na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. w projekcie, będąc w nim wykonawcą, byłam głównie odpowiedzialna za analizę aminokwasów. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wraz z wydłużeniem czasu przechowywania zawartość białka ogólnego, a zwłaszcza aminokwasów

białkowych, zmniejszała się. Stwierdzono również, że temperatura przechowywania nie miała wpływu na zawartość białka oraz niektórych aminokwasów (seryny, glicyny, cysteiny, tyrozyny i fenyloalaniny). Ziemniaki przechowywane w temperaturze 2°C zawierały jednak nieco więcej aminokwasów niż bulwy przechowywane w temperaturze 5°C. Z kolei w przypadku zawartości aminokwasów wolnych, stwierdzono, że największy wpływ miała odmiana ziemniaka oraz czas przechowywania. Bulwy ziemniaków o czerwonym i fioletowym miąższu zawierały więcej wolnych aminokwasów, w porównaniu do odmian tradycyjnych. w badanych ziemniakach zwiększyła się zawartość alaniny, proliny, seryny, kwasu γ -aminomasłowego i α -aminoadypinowego, a obniżyła asparaginy, kwasu asparaginowego i glutaminy.

Uzyskane, w trakcie przechowywania ziemniaków różnych odmian, kiełki postanowiłam przeanalizować pod kątem właściwości antymikrobiologicznych i przeciwutleniających (**Zał. 3., II, 1.2.: 23 i 2.2.: 36**). W opublikowanej pracy stwierdzono, że otrzymane ekstrakty z kiełków ziemniaka pięciu odmian różniły się zawartością glikoalkaloidów, aktywnością inhibitora trypsyny, całkowitą zawartością polifenoli i aktywnością przeciwutleniającą, a także aktywnością przeciwdrobnoustrojową wobec bakterii Gram + i G - oraz drożdży. Kiełki z odmian o kolorowym miąższu charakteryzowały się wyższą aktywnością inhibitora trypsyny niż kiełki z ziemniaków żółtych. Najsilniejsze działanie hamujące wzrost mikroorganizmów zaobserwowano w przypadku maceratu z kiełków odmiany Blau Annelise, o fioletowym miąższu.

Kontynuując tematykę związków prozdrowotnych w ziemniakach, wraz z pracownikami Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, brałam aktywny udział w analizie cech fizykochemicznych i zawartości związków bioaktywnych w bulwach różnych odmian. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ziemniaki odmian o kolorowym miąższu zawierały więcej skrobi i cukrów redukujących niż odmiany jasne, około 5 razy więcej polifenoli i wykazywały 6-7 większy potencjał antyoksydacyjny. Jednak pomimo różnic w zawartości polifenoli, badane odmiany ziemniaków o miąższu czerwonym i fioletowym zawierały zbliżone ilości antocyjanów. Ziemniaki o czerwonym miąższu wyróżniały się znaczną zawartością pelargonidyno-3-feruloilrutinozydo-5-glukozydu, a odmiany Vitelotte o purpurowym miąższu – znaczną zawartością cyjanidyno-3-rutinozydu. Najkorzystniejszym składem aminokwasowym odznaczały się bulwy odmiany tradycyjnej (Fresco). Na podstawie otrzymanych wyników opublikowano artykuły naukowe (**Zał. 3., II, 1.2.: 10, 22, 35**) i komunikaty (**Zał. 3., II, 2.2.: 3, 14, 22, 25, 28, 29, 34, 41, 42, 48**), które zaprezentowano na konferencjach naukowych.

Zbliżona tematyka badawcza była również kontynuowana w pracy doktorskiej Mateusza Gertchena pt. *Wpływ dodatku ekstraktów roślinnych na zawartość związków biologicznie aktywnych i właściwości frytek*, w której byłam promotorem pomocniczym (**Zał. II, VI, A, 5**). Przedstawione badania były finansowane z działalności statutowej celowej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (**Zał. III, II, 10**), w których byłam wykonawcą. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że frytki, które zanurzano przed smażeniem w ekstraktach roślinnych charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli oraz aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu do frytek próby kontrolnej. Szczególnie korzystny wpływ na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą frytek sporządzonych z odmiany Innovator o jasnokremowym miąższu, miał ekstrakt z cząbrku ogrodowego, natomiast na frytki sporządzone z ziemniaków o kolorowym miąższu Bora Valley i Rosemarie, ekstrakt z estragonu. Spośród prób uzyskanych z ziemniaków odmiany Innovator oraz Rosemarie, najwyższą średnią oceną organoleptyczną charakteryzowały się frytki zanurzone w ekstrakcie z hyzopu lekarskiego, natomiast spośród gotowych produktów sporządzonych z ziemniaków odmiany Bora Valley, najwyżej oceniono frytki uzyskane z zastosowaniem ekstraktu z mniszka lekarskiego.

Wraz z zespołem Zakładu Przetworów Ziemniaczanych Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa uczestniczyłam w badaniach, w których celem było określenie zawartości polifenoli ogółem, aktywności przeciwutleniającej i barwy suszy otrzymanych z ziemniaków o fioletowym i czerwonym miąższu, blanszowanych w roztworach kwasów organicznych, oraz uzyskanych z ich udziałem chrupki (**Zał. 3., II, 1.2.: 21**). Stwierdzono, że blanszowanie ziemniaków o barwnym miąższu w roztworach kwasów organicznych pozwoliło na zachowanie znacznej ilości polifenoli w suszach, jednak nie wpłynęło na zahamowanie zmian wywołanych obróbką termiczną, tzw. ciemnienia chemicznego. Chrupki z suszy odmian ziemniaków o kolorowym miąższu zawierały więcej polifenoli i wykazywały wyższą aktywność przeciwutleniającą oznaczoną w reakcji DPPH•, ABTS•+ oraz metodą FRAP, w porównaniu z chrupkami na bazie grysu ziemniaczanego. Użycie suszy z ziemniaków o fioletowej i czerwonej barwie miąższu pozwoliło na otrzymanie chrupki charakteryzujących się akceptowanymi cechami sensorycznymi. Przedstawione wyniki badań zaprezentowano na konferencjach o zasięgu krajowym, jak i międzynarodowym (**Zał. 3., II, 2.2.:11, 13, 39**).

Procesy suszenia stosowane w czasie produkcji suszu ziemniaczanego oraz przy sporządzaniu frytek mają wpływ na kształtowanie ilości akrylamidu w gotowych produktach. Zawartość akrylamidu w suszu ziemniaczanym suszonym w temperaturze 165°C była o około

55% wyższa, w porównaniu z produktem sporządzonym w temperaturze 130°C. Ponadto, niezależnie od temperatury obróbki termicznej, wyższą zawartością akrylamidu charakteryzował się susz ziemniaczany w porównaniu z frytkami. Zbadano również wpływ składu chemicznego bulw ziemniaka różnych odmian oraz różnych temperatur suszenia na zawartość akrylamidu w półproduktach i wyrobach gotowych otrzymanych z ziemniaka. Stwierdzono, że kostki wstępnie wysuszone w temperaturze 120°C zawierały sześciokrotnie mniej akrylamidu niż kostki wstępnie wysuszone w wyższej temperaturze (160°C). Dalsze suszenie kostek ziemniaczanych w temperaturze 50°C zwiększyło zawartość akrylamidu w gotowych produktach średnio o 40% (**Zal. 3., II, 1.2.: 17**). Z kolei zanurzanie słupek ziemniaka w roztworach czosnku miało wpływ na obniżenie zawartości akrylamidu w gotowym produkcie średnio o około 54% w porównaniu z frytkami próby kontrolnej (**Zal. 3., II, 1.2.: 16**).

Wówczas badania nad zawartością toksycznego akrylamidu w wysokoskrobiowych produktach żywnościowych, prowadzone były przez naukowców już od dłuższego czasu. Jednak istniała potrzeba określenia zawartości tego związku w produktach ekstrudowanych i produktach ziemniaczanych. W związku z tym, zespół z Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa przeprowadził badania mające na celu określenie wpływu czynników technologicznych na zmiany zawartości i powstawanie akrylamidu w wybranych produktach spożywczych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że chrupki kukurydziane otrzymane z 6% dodatkiem preparatu białka ziemniaczanego zawierały prawie pięciokrotnie więcej akrylamidu, w porównaniu do chrupiek bez dodatków, i prawie trzykrotnie więcej od chrupiek z dodatkiem drożdży i izolatu białka soi. Temperatura procesu ekstruzji wpłynęła istotnie na zawartość akrylamidu w chrupkach kukurydzianych. Najwięcej tego związku zawierały chrupki ekstrudowane w 180°C (**Zal. 3., II, 1.2.: 2, 3**).

Wraz z zespołem Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa prowadziłam również badania, których celem było określenie wpływu wstępnej selekcji i procesów mycia ziemniaków na zawartości azotanów (V) i glikoalkaloidów po zastosowaniu procesów obierania i smażenia w przemysłowej produkcji czipsów ziemniaczanych. Biorąc pod uwagę zawartość glikoalkaloidów stwierdzono, że największy wpływ na straty glikoalkaloidów miał proces wstępnej selekcji surowca, krojenie i płukanie plastrów ziemniaczanych oraz smażenie frytek (**Zal. 3., II, 1.2.: 9**). Przedstawione wyniki badań zaprezentowano również na konferencjach o zasięgu krajowym, jak i międzynarodowym (**Zal. 3., II, 2.2.: 9, 10, 12, 15, 17, 18, 23, 24, 26, 32, 37, 38, 40, 49**).

(III) analiza właściwości preparatów białkowych z surowców roślinnych

We współpracy z Katedrą Szczegółowej Uprawy Roślin przeprowadzono badanie mające na celu określenie wpływu termicznej koagulacji białek w soku ziemniaczanym uzyskanym z bulw trzech odmian ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym na skład aminokwasowy i wartość odżywczą uzyskanych koncentratów białkowych (**Zal. 3., II, 1.2.: 5**). W badaniach uczestniczyłam w otrzymywaniu koncentratów białkowych oraz przeprowadzałam ocenę ich wartości odżywczej. Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że koncentraty białkowe otrzymane z bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały więcej związków azotowych, w tym form azotu białkowego niż preparaty uzyskane z soku bulw pochodzących z uprawy konwencjonalnej.

Kolejno, kontynuując tematykę właściwości preparatów białkowych z soku ziemniaczanego, przeanalizowałam wpływ różnych czynników technologicznych na właściwości sensoryczne otrzymanych koncentratów białkowych, w tym barwę i zapach (**Zal. 3., II, 1.2.: 24**). W doświadczeniu zbadano wybrane przeciwutleniacze (wodorosiarczan sodu, kwas winowy, kwas askorbinowy), odczynniki obniżających pH środowiska (kwas winowy, askorbinowy i chlorowodorowy) oraz czynniki chelatujące stosowane do usuwania pektyn podczas koagulacji białek obecnych w soku ziemniaczanym (sole chlorku, mleczanu i wodorofosforanu wapnia). Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano, że w wyniku połączenia wodorosiarczanu sodu lub kwasu askorbinowego jako przeciwutleniaczy z chlorkiem lub mleczanem wapnia i kwasem askorbinowym jako koagulantem białkowym przyczyniło się do rozjaśnienia barwy otrzymanych preparatów. W doświadczeniu tym zaproszono do współpracy pracowników Katedry Chemii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, którzy zidentyfikowali 41 związków aromatycznych, w tym aldehydy, alkohole i alkany. Wariant z askorbinianem zawierał najniższe stężenie n-heksanal, będącego główną przyczyną ziemniaczanego zapachu.

Rośliny przyprawowe są nie tylko źródłem składników odżywczych, ale także dostarczają wtórnych metabolitów roślinnych, takich jak polifenole. Dlatego też ich biodostępność jest istotną kwestią. Aby zrozumieć aktywność biologiczną polifenoli obecnych w roślinach przyprawowych, konieczne jest poszerzenie wiedzy na temat czynników wpływających na ich biodostępność, w tym czynników odżywczych. Dlatego też celem moich badań było określenie działania przeciwutleniającego, przeciwbakteryjnego i odżywczego nasion roślin i mikroalg bogatych w białko i związki polifenolowe. Nasiona roślin bogatych w białko – tj. czarny kminek, ostropest plamisty, kozieradka, migdały, sezam biały, gorczyca biała, lucuma oraz dwie najpopularniejsze algi, chlorella i spirulina –

przeanalizowałam pod kątem zawartości związków polifenolowych (TPC), właściwości przeciwutleniających (ABTS, FRAP), a także sprawdziłam ich potencjalną biodostępność, aktywność przeciwdrobnoustrojową, podstawowy skład chemiczny i wykonałam profile aminokwasowe (Zał. 3., II, 1.2.: 34 i 2.2.: 46). Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdziłam najwyższe zawartości białka ogółem w anyżu, a najniższe w sezamie białym i migdałach. Największe zdolności antyoksydacyjne wykazały gorczyca biała i ostropest plamisty, a najniższe migdały i lucuma. Najszersze spektrum hamowania wzrostu mikroorganizmów wykryto dla ekstraktu z kozieradki, który wykazał działanie przeciwbakteryjne wobec czterech analizowanych mikroorganizmów: *B. subtilis*, *P. mirabilis*, *V. harveyi* i *C. albicans*. Spośród wszystkich analizowanych prób uznano, że nasiona kozieradki mają potencjał do wykorzystania w produktach związanych z formułowaniem żywności ze względu na ich aktywność przeciwutleniającą i profil aminokwasowy.

Analizę frakcji białkowej, w tym profil aminokwasowy, wykonałam również w innych roślinnych surowcach i produktach takich, jak opuncja (Zał. 3., II, 1.2.: 26), ciastka wzbogacone w preparaty białkowe (Zał. 3., II, 1.2.: 32), frankfurterki wzbogacone w łuskę gryki (Zał. 3., II, 1.2.: 33), drożdże (Zał. 3., II, 1.2.: 31).

W 2017 roku otrzymałam finansowanie na badania wewnętrzne, których temat brzmiał *Wpływ technologii pozyskiwania białek z produktów ubocznych przemysłu olejarskiego na właściwości otrzymywanych preparatów białkowych* (Zał. II, 10). Tematyka tych badań została kontynuowana w 2019 roku i dotyczyła zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu olejarskiego, tj. wytłoków. Celem współpracy z przemysłem (Zał. 3, III, 1) było opracowanie metod pozyskiwania białek z makuchów dyniowych, konopnych oraz z zarodków pszennych, umożliwiających optymalną wydajność procesu, określenie podstawowego składu chemicznego otrzymanych preparatów białkowych oraz określenie ich właściwości funkcjonalnych. Realizacja założeń projektu wymagała przeprowadzenia badań, które przewidywały ustalenie optymalnych warunków ekstrakcji białek, w tym rodzaju rozpuszczalnika i pH, proporcji surowiec: rozpuszczalnik oraz czasu i temperatury, a także warunków koagulacji, w tym czasu trwania procesu, temperatury i pH koagulacji. Otrzymane preparaty białkowe przeanalizowano pod kątem składu chemicznego i właściwości funkcjonalnych.

W 2019 otrzymałam finansowanie ze środków Narodowego Centrum Nauki na projekt pt. *Właściwości funkcjonalne preparatów białkowych z wytłoków poddanych modyfikacji chemicznej*, których celem było określenie wpływu dawki bezwodnika kwasu octowego na skład chemiczny, profil aminokwasowy i właściwości funkcjonalne komercyjnych preparatów

białkowych (**Zał. II, 4.1**). Uzyskane wyniki badań zostały opublikowane w dwóch pracach (**Zał. I, 4 i 5**), i wchodzą w skład osiągnięcia naukowego.

Ostatnio moje badania koncentrują się nad pozyskiwaniem białka z produktów odpadowych przemysłu olejarskiego (wytłoki) (**Zał. 3., II, 2.2.: 43, 44, 45**), z owadów (**Zał. 3, III**) oraz z produktów odpadowych przemysłu spożywczego (np. pestki truskawek).

C) Udział w studiach podyplomowych

- **2013-2014** – Studia Podyplomowe *Analityka w Ochronie Środowiska* w Katedrze Chemii Środowiska i Bioanalitiky Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z zakresu teorii i praktyki: *Chromatografii i technik pokrewnych w różnych wariantach oznaczeń śladowych*.
- **2010 – 2011** – studia podyplomowe, trzy-semestralne *Nauczyciel przedmiotów zawodowych w zakresie organizacji usług gastronomicznych i hotelarstwa oraz architektury krajobrazu*, organizowane przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

D) Udział w kursach i szkoleniach

- Szkolenie *Autoprezentacja i wystąpienia publiczne. Emisja głosu*, realizowanego w ramach projektu UPWr. 2.0:międzynarodowy i interdyscyplinarny program rozwoju Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 02-03 marca 2023, Wrocław
- Szkolenie pracowników *Didactic seminar of supervisors of doctoral students* z projektu *European Dimension of Internationalization of doctoral study in biotechnology and food Sciences* (EuroDisBioFood), 2020-1-SK01-KA203-078363, 05-07 lipca 2022, Campobasso, Włochy.
- Warsztaty *W świecie różnorodnych niepełnosprawności - warsztaty wprowadzające do tematyki niepełnosprawności*, 26 października 2021, on-line, w ramach projektu *Uniwersytet Przyrodniczy dostępny dla wszystkich*.
- Szkolenie *Aspekty instrumentalnego pomiaru barwy żywności* Konica Minolta Sensing Europe B.V.Sp. z o.o. Oddział w Polsce, 2 czerwca 2015, Centrum Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Szkolenie *IC Tour: Chromatografia jonowa – teoretycznie i praktycznie* Metrohm Polska Sp. z o.o., Wrocław, 14 stycznia 2014.

- Seminarium *Nowoczesne techniki oznaczania zawartości wody* Mettler Toledo, Wrocław, 17 marca 2009.
- Kurs z zakresu Auditora Wewnętrznego ISO 9001:2000, INCERT oraz BSI Management System, Wrocław, 26-27 kwietnia 2008.
- Seminarium *Praktyczne metody pomiaru i recepturowania barwy* Konica Minolta, Wrocław, 18 czerwca 2008.

E) Nagrody i wyróżnienia, inne niż wymienione w pkt. VI. B. 1.

- **2022 - Nagroda indywidualna** Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za osiągnięcia naukowe.
- **2021, 2020, 2019 – Nagroda zespołowa III stopnia** Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za osiągnięcia naukowe.
- **2016, 2015 - Nagroda zespołowa I stopnia** Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za osiągnięcia naukowe.
- **2014, 2013 - Nagroda zespołowa II stopnia** Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za osiągnięcia naukowe

.....

(podpis wnioskodawcy)