

dr Monika Sujka
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin
Tel.: (81) 462 33 33
e-mail: monika.sujka@up.lublin.pl

Załącznik II

Autoreferat w języku polskim

Lublin 2017

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko: Monika Sujka (z d. Skrzypek)

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

2013 certyfikat ukończenia studiów podyplomowych na Uniwersytecie Stanforda (USA) *Executive Programme Science, Management and Commercialization*

2007 dr nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia – analiza żywności, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

Rozprawa doktorska pt. *„Wpływ hydrolizy enzymatycznej na zmiany struktury wybranych skrobi natywnych”*.

Promotor: prof. dr hab. Jerzy Jamroz

2004 dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie przygotowania pedagogicznego, Katolicki Uniwersytet Lubelski

2001 mgr ochrony środowiska, specjalność chemia, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

Praca magisterska pt. *„Badania nad sorpcją jonów kobaltu (II), niklu (II), miedzi (II), cynku (II) i kadmu (II) z roztworów wodnych na zeolitach”*

Promotor: prof. dr hab. Zbigniew Hubicki

3. Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych

2009-obecnie adiunkt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Zakład Analizy i Oceny Jakości Żywności (od roku 2010 Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności),

2008-2009 asystent, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Zakład Analizy i Oceny Jakości Żywności,

2007-2008 starszy technik, Akademia Rolnicza w Lublinie, Zakład Analizy i Oceny Jakości Żywności.

2002-2006 doktorant, Akademia Rolnicza w Lublinie, Zakład Analizy i Oceny Jakości Żywności.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Cykl publikacji naukowych pod tytułem: „**Struktura materiałów skrobiowych otrzymanych w wyniku modyfikacji fizycznych**”

b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa:

O1. Sujka M., Jamroz J. 2013. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. *Food Hydrocolloids*, 31, 413-19 (**40 pkt.*, IF = 3,494*, liczba cytowań wg WoS = 30 i wg Scopus = 39**)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebraniu literatury, wykonaniu większości doświadczeń, analizie i opracowaniu większości wyników, dyskusji wyników, napisaniu manuskryptu w j. angielskim, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 90%.

O2. Włodarczyk-Stasiak M., Mazurek A., Pankiewicz U., Sujka M., Jamroz J. 2014. Porosity of starch–proteins extrudates determined from nitrogen adsorption data. *Food Hydrocolloids*, 36, 308-15 (**45 pkt., IF = 4,09, liczba cytowań wg WoS = 1 i wg Scopus = 5**)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na analizie i opracowaniu części wyników z analizy porowatości ekstrudatów metodą niskotemperaturowej adsorpcji azotu. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

O3. Sujka M., Cieśla K., Jamroz J. 2015. Structure and selected functional properties of gamma-irradiated potato starch. *Starch/Stärke*, 67, 1002-1010 (**25 pkt., IF = 1,677, liczba cytowań wg WoS = 0 i wg Scopus = 0**)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebraniu literatury, wykonaniu większości doświadczeń, analizie i opracowaniu części wyników, dyskusji wyników, napisaniu manuskryptu w j. angielskim, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

O4. Sujka M., Sokołowska Z., Hajnos M., Włodarczyk-Stasiak M. 2016. Characterization of pore structure of rice grits extrudates using mercury intrusion porosimetry, nitrogen adsorption and water vapour desorption methods. *Journal of Food Engineering*, 190, 147-153 (**40 pkt., IF = 3,199, liczba cytowań wg WoS = 0 i wg Scopus = 1**).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebraniu literatury, wykonaniu części doświadczeń, analizie i opracowaniu większości wyników, dyskusji części wyników, napisaniu manuskryptu w j. angielskim, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

O5. Sujka M. 2017. Ultrasonic modification of starch - impact on granules porosity. *Ultrasonic Sonochemistry*, 37, 424–429 (**45 pkt., IF = 4,556, liczba cytowań wg WoS = 0 i wg Scopus = 0**).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebraniu literatury, wykonaniu części analiz, analizie i opracowaniu wyników, dyskusji wyników, napisaniu manuskryptu w j. angielskim, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 100%.

Łącznie:

- **Impact factor – 17,016***
- **Punkty MNiSW - 195***
- **Liczba cytowań – wg WoS = 31 i wg Scopus = 45** (na dzień 31.05.2017)

*obowiązujące w roku wydania publikacji.

Oświadczenia współautorów prac, określające ich indywidualny wkład w powstanie publikacji oraz pełny tekst publikacji – **Załącznik IV**.

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

W latach 2011 – 2016 realizowałam prace badawcze dotyczące oceny wpływu modyfikacji fizycznych na strukturę i właściwości funkcjonalne materiałów skrobiowych. Uzyskane rezultaty opublikowałam w postaci cyklu prac (O1 – O5), które

uważam za swoje największe osiągnięcie w dotychczasowej działalności naukowej i przedkładałam jako podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Wprowadzenie i cel naukowy

Skrobia jest polisacharydem powszechnie występującym w przyrodzie i znajdującym szerokie zastosowanie zarówno w produkcji żywności, jak i w wielu innych gałęziach przemysłu. Rośliny odkładają skrobię w bulwach, nasionach i w innych organach w postaci semikrystalicznych gałeczek, zróżnicowanych pod względem rozmiaru i kształtu. Badania gałeczek z zastosowaniem zaawansowanych metod mikroskopowych wykazały, że ich powierzchnia nie jest gładka. Występują na niej nierówności, zagłębienia oraz pory (Fannon, Huber, BeMiller, 1992; Juszczak, Fortuna, Krok, 2003a, 2003b). Obecność porów powierzchniowych oraz kanałów i komór we wnętrzu gałeczek zwiększa powierzchnię potencjalnie dostępną dla reakcji chemicznych i enzymatycznych, co wpływa na reaktywność chemiczną skrobi oraz podatność na działanie enzymów amylolitycznych (Huber i BeMiller, 2000; Fortuna i wsp., 2000). Obowiązujący obecnie model struktury gałeczki zakłada, że od jej centrum o budowie amorficznej (zbudowanego głównie z amylozy) rozchodzą się koncentryczne, semikrystaliczne pierścienie o grubości od 80-160 nm (na peryferiach gałeczki) do 450-550 nm (w pobliżu centrum gałeczki), oddzielone od siebie pierścieniami amorficznymi o grubości 60-80 nm (Wang i wsp., 2012, Wang i Copeland, 2015). Semikrystaliczne pierścienie zbudowane są z naprzemiennie ułożonych krystalicznych i amorficznych lamelli – klastrów amylopektynowych. Lamelle krystaliczne zbudowane są z krótszych łańcuchów amylopektyny uporządkowanych w postaci podwójnych helis i upakowanych w krystalitach, podczas gdy lamelle amorficzne zawierają punkty rozgałęzień amylopektyny oraz prawdopodobnie amylozę (Wang i wsp., 2012). Badania za pomocą małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego oraz neutronów (ang. *Small-Angle X-ray Scattering* - SAXS i *Small-Angle Neutron Scattering* - SANS) wykazały, że rozmiar pojedynczego klastra wynosi 9 nm, niezależnie od pochodzenia botanicznego skrobi. W strukturze gałeczki obecne są również tzw. bloczki (ang. *blokllets*), których średnica wynosi 20-500 nm (Gallant, Bouchet, Baldwin, 1997). Przyjmuje się, że bloczki o mniejszych rozmiarach znajdują się głównie w pierścieniach amorficznych, a te o większych rozmiarach – w pierścieniach semikrystalicznych (Gallant, Bouchet,

Baldwin, 1997; Pérez i Bertoft 2010). Najmniejszą jednostką organizacyjną gałeczki jest cząsteczka glukozy.

Użytkowanie skrobi naturalnej (natywnej, rodzimej) jest bardzo ograniczone ze względu na to, że w formie skleikowanej bądź zżelowanej ma ona niską stabilność reologiczną, jest podatna na retrogradację oraz charakteryzuje się niską odpornością na warunki fizyczne i fizykochemiczne np. mieszanie, ogrzewanie, zmiany wartości pH środowiska (Luallen, 2004). Struktura skrobi i jej skład stwarzają możliwości wprowadzania wielu zmian, które zwiększają zakres jej stosowania. Dlatego skrobię modyfikuje się metodami fizycznymi, fizykochemicznymi, chemicznymi i enzymatycznymi, jednakże najwięcej modyfikatów skrobiowych otrzymuje się na drodze reakcji chemicznych. Ze względu na panujące obecnie trendy żywieniowe i coraz większą świadomość konsumentów, dąży się do ograniczenia ilości chemicznych dodatków do artykułów spożywczych. Poszukuje się również rozwiązań alternatywnych dla metod chemicznych, które są tańsze, szybsze, wydajniejsze i mniej uciążliwe dla środowiska. Stąd coraz więcej uwagi poświęca się fizycznym metodom modyfikacji skrobi (Thirumdas i wsp., 2017).

Modyfikacje fizyczne prowadzą do zwiększenia rozpuszczalności skrobi bez zmniejszenia masy cząsteczkowej amylozy i amylopektyny bądź do degradacji cząsteczki biopolimeru (Ashogbon i Akintayo, 2014). W tym celu skrobię poddaje się ogrzewaniu, zamrażaniu, działaniu m.in. rozpuszczalników, wysokiego ciśnienia, promieniowania: neutronowego, rentgenowskiego, mikrofalowego, białego spolaryzowanego, podczerwonego, α , β , γ , a także pulsacyjnego pola elektrycznego, zimnej plazmy oraz ultradźwięków (Tomasik i Zaranyika, 1995, Fortuna i wsp. 1998, Fiedorowicz i wsp. 2001, 2002, Lewandowicz 2002, Szymońska i wsp. 2003, Błaszczak i wsp., 2005; Han i wsp. 2007, Thirumdas i wsp., 2017). Mechanizm degradacji skrobi zależy od rodzaju dostarczonej do układu energii oraz jej dawki (Tomasik i Zaranyika, 1995). Szczególnym rodzajem modyfikacji fizycznej jest retrogradacja, w wyniku której m.in. w skleikowanej skrobi tworzą się nierozpuszczalne agregaty zarówno amylozowe, jak i amylopektynowe. Proces ten zazwyczaj zachodzi samorzutnie, ale można go przyspieszyć lub spowolnić (Tomasik, 2000).

Modyfikacja skrobi z zastosowaniem ultradźwięków (fal dźwiękowych o częstotliwości od 20 kHz do 100 MHz) wzbudza w ostatnich latach duże zainteresowanie naukowców, o czym świadczy rosnąca liczba publikacji dotyczących sonikacji zarówno skrobi granularnej, jak i skleikowanej. Działanie ultradźwiękami na

gałeczki skrobi powoduje degradację głównie regionów amorficznych. Kształt i wielkość gałeczek pozostają niezmienione, ale ich powierzchnia staje się porowata oraz zmieniają się niektóre właściwości fizykochemiczne skrobi tj. rozpuszczalność, siła pęcznienia, czy kleikowanie (Luo i wsp., 2008, Zheng i wsp., 2013, Amini i wsp., 2015). Ultradźwięki można stosować naprzemiennie z hydrolizą enzymatyczną, uzyskując skrobię mikroporowatą, charakteryzującą się znacznie wyższą pojemnością sorpcyjną w porównaniu do skrobi natywnej (Wu, Du, Ge, Lu, 2011). Efekt działania ultradźwięków zależy od mocy i częstotliwości fal dźwiękowych, temperatury i czasu ich działania, pochodzenia botanicznego skrobi i jej stężenia w zawiesinie oraz od właściwości fizykochemicznych rozpuszczalnika, w środowisku którego prowadzone jest doświadczenie. Rozpuszczalnik ma decydujące znaczenie w procesie kawitacji, który w głównej mierze odpowiada za fizyczną degradację gałeczek. Zjawisko kawitacji polega na powstawaniu w cieczy pęcherzyków wypełnionych gazem/parą, ich wzroście i gwałtownym zaniku w wyniku implozji (Leighton, 1997). Za erozję powierzchni gałeczek skrobiowych odpowiadają zjawiska towarzyszące kawitacji takie jak: mikrostrumienie cieczy (ang. *micro-jets*), emisja fali uderzeniowej powodująca zderzenia gałeczek (ang. *interparticle collisions*) i powstające lokalnie naprężenia ścinające (Basedow i Ebert, 1977; Doktycz i Suslick, 1990).

Zastosowanie promieniowania γ jako czynnika modyfikującego skrobię, prowadzi do częściowej degradacji tego biopolimeru na skutek rozrywania wiązań glikozydowych. Jest to reakcja wolnorodnikowa, a jej efektywność uzależniona jest od zastosowanej dawki, pochodzenia botanicznego skrobi, temperatury, zawartości wody, atmosfery, w której prowadzony jest proces oraz od sposobu przygotowania próby (Tomasik i Zaranyika, 1995; Chung i Liu, 2010). Według Raffego i wsp. (1981) napromieniowanie dawką 10 kGy wywołuje takie rezultaty jak ogrzewanie skrobi w 125°C przez godzinę. Ten rodzaj modyfikacji może być tańszą i szybszą alternatywą dla metod chemicznych. Doniesienia literaturowe na temat wpływu promieniowania jonizującego na strukturę i właściwości skrobi nie są jednoznaczne. Rezultaty niektórych badań wskazują, że napromieniowanie skrobi prowadzi do obniżenia krystaliczności, spowolnienia retrogradacji, obniżenia zdolności do pęcznienia i lepkości kleików oraz zwiększenia rozpuszczalności (Wu i wsp., 2002; Yu i Wang, 2007). Niektórzy autorzy sugerują jednak brak wyraźnego wpływu tego typu oddziaływania na skrobię (Liu i wsp., 2012).

Jedną z najczęściej przeprowadzanych modyfikacji fizycznych skrobi jest ekstruzja. Należy ona do dynamicznie rozwijających się technologii przemysłu spożywczego, jednakże jest równocześnie procesem bardzo trudnym do kontrolowania, szczególnie w kontekście jakości produktu finalnego. Ogrzewanie skrobi w warunkach wysokiego ciśnienia oraz działania sił ścinających prowadzi do fragmentacji biopolimeru. Dostarczone jednocześnie do układu dwa rodzaje energii: termiczna i mechaniczna powodują rozpad wiązań wodorowych między sąsiadującymi cząsteczkami skrobi (Klingler, Meuser, Niediek, 1986). Zmianie ulegają stopień krystaliczności oraz przestrzenne upakowanie gałeczki, zaś otrzymane produkty charakteryzują się wyższą rozpuszczalnością i tworzą kleiki o niższej lepkości, w porównaniu z kleikami ze skrobi natywnej (Jamroz i wsp., 1998).

Od początku mojej działalności naukowej koncentrowałam się na badaniach struktury i właściwości funkcjonalnych skrobi, kładąc szczególny nacisk na ocenę zmian porowatości gałeczek za pomocą porozymetrii rtęciowej i niskotemperaturowej adsorpcji azotu oraz nowoczesnych metod mikroskopowych (SEM, TEM, AFM).

Porowatość, definiowana jako właściwość substancji stałych polegająca na występowaniu w nich pustych przestrzeni (porów), jest jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących ciało stałe (Ościk, 1983). W technologii żywności porowatość kształtuje właściwości mechaniczne i teksturalne produktów spożywczych oraz wpływa na dyfuzję gazów w trakcie suszenia (Marousis i Saravacos, 1990; Karathanos i Saravacos, 1993). Wraz ze wzrostem liczby i wielkości porów wzrasta również chrupkość produktów (Renshaw i wsp., 2016). Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC) (Sing i wsp., 1985), pory można podzielić na trzy grupy biorąc pod uwagę ich rozmiary: mikropory (średnica < 2 nm), mezopory (średnica między 2 a 50 nm) i makropory (średnica > 50 nm). W przypadku skrobi, która jest materiałem ziarnistym, można mówić o porowatości międzyziarnowej (tzw. porowatości złoża) oraz porowatości wewnątrzziarnowej (porowatości gałeczek skrobiowych) (Hajnos i Świeboda, 2004).

Pełna charakterystyka porowatości ciała stałego obejmuje oznaczenia powierzchni właściwej, średniej średnicy i objętości porów, ich kształtu (pory cylindryczne, butelkowe, szczelinowe, stożkowe, klinowe, globularne) oraz dystrybucji porów według ich rozmiaru. Zakres tych badań wymaga zastosowania nawet kilku metod oznaczania, ponieważ nie jest możliwe scharakteryzowanie struktury w oparciu o wyniki tylko jednej metody. W badaniach porowatości materiałów biologicznych najczęściej

wykorzystuje się niskotemperaturową adsorpcję azotu oraz porozymetrię rtęciową (m.in. Skiba i wsp. 2008, Sokołowska i wsp., 2013). Powierzchnię właściwą ciała stałego definiuje się jako rzeczywistą powierzchnię materiału biorącą udział w adsorpcji, przypadającą na jednostkę masy i wyrażaną najczęściej w m^2/g (Ościk, 1983; Sokołowska, 2011). Powierzchnia ta obejmuje zarówno powierzchnię zewnętrzną ciała stałego, jak i powierzchnię wewnętrzną związaną z jego porowatością. Klasyczny pomiar powierzchni właściwej polega na wyznaczeniu izotermy adsorpcji azotu (argonu lub kryptonu) w temperaturze ciekłego azotu i wyliczeniu pojemności monowarstwy za pomocą odpowiedniego równania izotermy adsorpcji. Najczęściej stosuje się równanie izotermy podane przez Brunauera, Emmeta i Teller (BET) (1938). Według założeń teorii BET, powstała w procesie adsorpcji pierwsza warstwa monomolekularna staje się podłożem, na którym adsorbują się cząsteczki drugiej warstwy, a na niej trzeciej itd. Autorzy założyli, że nie istnieje wzajemne oddziaływanie między zaadsorbowanymi cząsteczkami, a ich ilość zależy od ciśnienia par adsorbentu. Gdy ciśnienie w układzie wzrasta, zmniejszeniu ulega liczba wolnych miejsc na powierzchni adsorbentu. Powstają pojedyncze, podwójne itd. kompleksy adsorpcyjne.

Powierzchnię właściwą (S_{BET}) wylicza się ze wzoru (Gregg i Sing, 1967):

$$S_{BET} = \frac{V_m \cdot N_A \cdot a_m}{M \cdot V_L} \quad [m^2/g]$$

gdzie: N_A – liczba Avogadra ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$),

a_m – powierzchnia siadania cząsteczki azotu ($16,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$),

M – masa cząsteczkowa azotu (28,013 g/mol),

V_L – objętość molowa azotu (22414 cm^3)

V_m – objętość adsorbentu przy całkowitym pokryciu adsorbentu warstwą monomolekularną (cm^3).

Do wyznaczania objętości i średniej średnicy porów stosuje się metodę BJH (Barret i wsp. 1951), w której podstawą obliczeń jest równanie Kelvina (przy założeniu cylindrycznego kształtu porów):

$$\ln \frac{p_0}{p} = -\frac{2\gamma V_L}{rRT} \cos \theta,$$

gdzie: p_0 – prężność pary nasyconej nad płaską powierzchnią cieczy (mm Hg),

p – prężność pary nasyconej nad meniskiem o promieniu krzywizny r (mm Hg),

γ – napięcie powierzchniowe ciekłego adsorbentu,

V_L – objętość molowa ciekłego adsorbentu,

$R = 0,008314510 \text{ kJ}/(\text{mol K}) = 8,31434 \text{ N m}/(\text{mol K})$ stała gazowa

T – temperatura bezwzględna (K),

θ – kąt zwilżania ścianek porów ciekłym adsorbentem (dla azotu $\theta = 0$).

W ostatnich latach w wielu ośrodkach naukowych podjęto badania nad otrzymywaniem skrobi porowatej. Wykorzystuje się ją w przemyśle spożywczym jako nośnik substancji smakowo-zapachowych (*flavours*), barwników, witamin, antyoksydantów oraz bakterii probiotycznych (Zhu, 2017). Adsorbenty z modyfikowanej skrobi porowatej mają również zastosowania niespożywcze np. mogą służyć do usuwania jonów metali ciężkich oraz barwników z roztworów wodnych, zaś w przemyśle farmaceutycznym – jako nośniki leków (Ali i wsp., 2013, Liu i Wei, 2016; Ma i wsp., 2015). Ogromną zaletą porowatych materiałów skrobiowych jest ich niski koszt, nietoksyczność i biodegradowalność (Din, Xiong, Fei, 2015). W ostatnim dziesięcioleciu ukazało się kilkaset artykułów dotyczących tej tematyki, co świadczy o jej aktualności. Jednakże w opublikowanych materiałach naukowych tylko nieliczne prace dotyczą zastosowania metod instrumentalnych do oceny zmian porowatości materiałów skrobiowych otrzymywanych w wyniku modyfikacji fizycznych, co skłoniło mnie do podjęcia badań w tym zakresie.

Cel naukowy

Założyłam, że modyfikacje fizyczne skrobi i materiałów skrobiowych z zastosowaniem różnych form energii doprowadzą do powstania produktów, charakteryzujących się wyższą porowatością od materiału wyjściowego. Otrzymane materiały porowate miałyby potencjalne zastosowanie jako adsorbenty w przemyśle spożywczym.

W celu otrzymania materiałów porowatych, działałam na skrobię i materiały skrobiowe ultradźwiękami, promieniowaniem γ oraz ogrzewaniem w warunkach działania sił ścinających i wysokiego ciśnienia (ekstruzji). Do oceny zmian strukturalnych spowodowanych modyfikacjami fizycznymi zastosowałam następujące metody analityczne:

- niskotemperaturową adsorpcję azotu,
- porozymetrię rtęciową,
- sorpcję pary wodnej,
- pomiary absorbancji kompleksów skrobi z jodem,

- skaningową i transmisyjną mikroskopię elektronową,
- skaningową kalorymetrię różnicową (DSC).

Wykazałam również zmiany wybranych właściwości funkcjonalnych otrzymanych produktów.

Omówienie wyników badań

1. Struktura materiałów skrobiowych otrzymanych w wyniku modyfikacji ultradźwiękami (O1 i O5)

Celem badań podjętych w publikacjach **O1** i **O5** było ustalenie wpływu środowiska rozpuszczalników różniących się lepkością, gęstością i napięciem powierzchniowym na strukturę i wybrane właściwości funkcjonalne skrobi modyfikowanych ultradźwiękami.

Skrobię o różnym pochodzeniu botanicznym (kukurydzianą, pszenną, ryżową i ziemniaczaną) zawieszałam w wodzie lub w alkoholu etylowym (99,8%) i poddawałam działaniu ultradźwięków o częstotliwości 20 kHz przez 30 min. Do realizacji celu badań związanych z oceną zmian strukturalnych zastosowałam: skaningową (SEM) i transmisyjną (TEM) mikroskopię elektronową, spektroskopową analizę kompleksów skrobi z jodem oraz nisko-temperaturową adsorpcję azotu. W przypadku właściwości funkcjonalnych zbadałam absorpcję wody i tłuszczu, przejrzystość i lepkość kleików, rozpuszczalność i siłę pęcznienia oraz zdolność żelowania (LGC).

Badania spektroskopowe („blue value”, A_{680}/A_{545} i λ_{max}) oraz mikroskopowe wykazały, że modyfikacja ultradźwiękami spowodowała częściową depolimeryzację skrobi, wyższą w przypadku stosowania wody jako medium. Efekt działania ultradźwięków, w postaci rys i pęknięć, widoczny był na obrazach mikroskopowych przedstawiających powierzchnię galeczek. Były one szczególnie wyraźne po modyfikacji w wodzie. **Modyfikacja ultradźwiękami spowodowała zmiany porowatości skrobi (O5). Jako pierwsza przeanalizowałam porowatość galeczek skrobi po modyfikacji ultradźwiękami w zakresie rozmiarów porów poniżej 300 nm.** Badania z zastosowaniem niskotemperaturowej adsorpcji azotu wykazały, że na powierzchni galeczek pojawiły się nowe pory o średnicach w zakresach 2-3 nm oraz 100-200 nm, zarówno w przypadku próbek modyfikowanych w wodzie, jak i w etanolu.

Istotny statystycznie wzrost powierzchni właściwej (S_{BET}) zanotowałam w przypadku wszystkich próbek skrobi modyfikowanych ultradźwiękami w wodzie. Gdy środowiskiem modyfikacji był etanol, istotny wzrost S_{BET} zaobserwowałam tylko dla skrobi ziemniaczanej. Średnia średnica porów wzrosła istotnie po sonikacji w wodzie, ale tylko w przypadku skrobi ziemniaczanej. Dla skrobi kukurydzianej zanotowałam spadek średniej średnicy porów, zaś w przypadku skrobi ryżowej i pszennej modyfikacja w wodzie nie spowodowała zmiany badanego parametru. Zastosowanie etanolu jako środowiska dla modyfikacji skrobi spowodowało istotny wzrost średniej średnicy porów na powierzchni gałeczek skrobi pszennej i ryżowej. W przypadku skrobi ziemniaczanej i kukurydzianej wartość badanego parametru nie uległa istotnej zmianie.

Za erozję powierzchni gałeczek skrobi odpowiedzialne są zjawiska towarzyszące kawitacji m.in. mikrostrumienie cieczy. Efektywny zakres ich oddziaływania zależy od średnicy pęcherzyków (Verraes, Lepoint-Mullie, Lepoint, 2000). Zastosowanie ultradźwięków o częstotliwości 20 kHz powoduje powstawanie w wodzie pęcherzyków o średnicy od 0,1 do 100 μm , co odpowiada rozmiarom gałeczek skrobiowych (Yasui, 2002). Tworzące się podczas kawitacji fale uderzeniowe mogą również powodować zderzenia gałeczek. Efektem ich oddziaływania jest fragmentacja cząsteczek polimerów w wyniku generowanych sił ścinających, a także zmiany powierzchni wywołane nagłym wzrostem temperatury w miejscu zderzenia (Doktycz i Suslick, 1990; Price, White, Clifton, 1995). Efekt działania ultradźwięków na skrobię zależy w dużej mierze od właściwości cieczy, w której zawieszono gałeczki, a dokładniej od prężności pary, lepkości i napięcia powierzchniowego. Zastosowane w badaniach woda oraz 99,8% etanol różnią się wartościami tych parametrów, tzn. dla wody wynoszą one odpowiednio: 23,76 mm Hg, 0,89 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ i 71,99 dyn/cm , a dla etanolu: 59,02 mm Hg, 1,07 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ i 22,39 dyn/cm (w temperaturze 25°C). Zaobserwowano, że kawitacja łatwiej zachodziła w cieczach o wysokiej prężności pary, niskiej lepkości oraz niskim napięciu powierzchniowym. Z drugiej strony, im wyższa jest prężność pary, tym mniej gwałtowny jest kolaps (Lique de Castro i Priego Capote, 2007). Madras i Chattopadhyay (2001) wykazali, że degradacja poliocetanu winylu była mniej wydajna gdy przeprowadzano ją w rozpuszczalnikach o wysokiej prężności pary, ze względu na obniżone naprężenie ścinające. Niska lepkość cieczy sprzyja kawitacji, ponieważ ultradźwiękom łatwiej jest pokonać naturalnie występujące w niej siły kohezji, z kolei niskie napięcie powierzchniowe ułatwia powstawanie pęcherzyków (Hemwimol,

Pavasant, Shotipruk, 2006; Lique de Castro, Priego Capote, 2007). Woda ma wyższe napięcie powierzchniowe, lecz niższą lepkość i prężność pary niż etanol, stąd może stanowić lepsze medium dla degradacji skrobi.

Analiza właściwości funkcjonalnych otrzymanych modyfikatów wykazała, że charakteryzowała je zwiększona absorpcja tłuszczu i wody oraz wyższa zdolność żelowania (z wyjątkiem skrobi ziemniaczanej), a sporządzone z nich kleiki miały niższą lepkość niż kleiki ze skrobi naturalnej. Zaobserwowałam również wzrost przejrzystości kleików ze skrobi ziemniaczanej modyfikowanej w wodzie. Rozpuszczalność i siła pęcznienia skrobi, mierzone w zakresie temperatury od 60°C do 90°C, były wyższe po działaniu ultradźwiękami niż w przypadku skrobi niemodyfikowanej, niezależnie od jej pochodzenia oraz zastosowanego medium.

2. Struktura materiałów skrobiowych otrzymanych w wyniku modyfikacji promieniowaniem jonizującym (O3)

W ramach współpracy z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej podjęłam badania dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na strukturę i właściwości funkcjonalne skrobi ziemniaczanej. Skrobię ziemniaczaną w postaci proszku (wilgotność ok. 12%) poddawano działaniu promieniowania jonizującego w dawkach: 5, 10, 20 i 30 kGy. Wpływ modyfikacji na strukturę skrobi oceniałam m.in. wykonując pomiary spektroskopowe kompleksów skrobi z jodem („blue value”, A_{680}/A_{545} , λ_{\max} oraz zawartość amylozy). Wraz ze wzrostem stosowanej dawki promieniowania zaobserwowałam stopniowy spadek wartości wszystkich mierzonych parametrów, co świadczyło o postępującej depolimeryzacji skrobi. Powierzchnia gałeczek obserwowana pod mikroskopem SEM wydawała się być pokryta cienką warstwą materiału, który prawdopodobnie składał się z produktów depolimeryzacji. Na powierzchni większości gałeczek można było dostrzec charakterystyczne pęknięcia świadczące o osłabieniu jej struktury. Obserwacje TEM potwierdziły, że powierzchnia gałeczki po modyfikacji najwyższą dawką miała nieco luźniejszą strukturę, w porównaniu do gałeczki skrobi niemodyfikowanej. Działanie promieniowania jonizującego o najwyższej dawce spowodowało wyraźny spadek temperatury oraz entalpii kleikowania, co może świadczyć o niższej krystaliczności modyfikowanej skrobi. W oparciu o wyniki otrzymane za pomocą skaningowego kalorymetru różnicowego wykazałam również, że wraz z rosnącą dawką napromieniowania skrobi nastąpił wzrost stopnia retrogradacji

(wyznaczonego na podstawie pomiaru entalpii kleikowania wykonanego po retrogradacji i wyrażonej jako procent początkowej entalpii kleikowania próbki zmierzonej przed modyfikacją).

Charakterystykę porowatości gałeczek przeprowadziłam z zastosowaniem niskotemperaturowej adsorpcji azotu. Wyniki wskazały, że dopiero **zastosowanie najwyższej dawki promieniowania spowodowało istotny wzrost powierzchni właściwej i całkowitej objętości mezoporów. Powierzchnia S_{BET} wzrosła o ok. 20% w porównaniu z próbą kontrolną (skrobią niemodyfikowaną)**. Równocześnie nastąpił niewielki spadek średniej średnicy porów (z 3,69 na 3,27 nm). Na krzywej dystrybucji rozmiarów porów, otrzymanej dla skrobi modyfikowanej dawką 30 kGy, zaobserwowałam znaczny wzrost objętości porów o średnicy ok. 2-3 nm i równoczesny spadek liczby porów o średnicy przekraczającej 10 nm. Jak wiadomo, porowatość gałeczek skrobiowych jest parametrem istotnie wpływającym na jej reaktywność, w tym na podatność skrobi na działanie enzymów (Fortuna, Juszczak, Kujawski, Pałasiński, 2000). Napromieniowane skrobie poddawałam działaniu α -amylazy z *Bacillus subtilis*. Wyniki wykazały, że wraz z rosnącą dawką promieniowania γ następował stopniowy wzrost podatności modyfikatów na działanie enzymu. Stężenie cukrów redukujących po hydrolizie skrobi poddanej działaniu dawki 30 kGy było ponad 2,5-krotnie wyższe niż w przypadku hydrolizy skrobi niemodyfikowanej.

Modyfikacja promieniowaniem jonizującym miała wpływ na właściwości funkcjonalne skrobi. Otrzymane modyfikaty charakteryzowały się wyższą rozpuszczalnością, przejrzystością kleików oraz absorpcją wody w porównaniu do skrobi naturalnej. Wyższa rozpuszczalność skrobi może być związana z częściowym zniszczeniem struktury krystalicznej i zwiększeniem liczby wolnych grup hydroksylowych w amylozie i amylopektynie, zdolnych do tworzenia wiązań wodorowych z cząsteczkami wody (Singh i wsp., 2003). Przejrzystość kleików wzrosła z 61% dla skrobi natywnej do ponad 93% w przypadku skrobi po modyfikacji promieniowaniem o dawce 30 kGy, co może wynikać z osłabienia wiązań wodorowych łączących cząsteczki skrobi w gałeczkach. Skrobie modyfikowane dawką wyższą niż 5 kGy charakteryzowały się niższą lepkością kleików i absorpcją tłuszczu. Degradacja skrobi do prostszych związków w wyniku napromieniowania może prowadzić do odsłonięcia większej liczby grup polarnych, co z kolei może powodować obniżenie zdolności do wiązania tłuszczu. Niższa lepkość kleików otrzymanych z modyfikowanej skrobi również może być związana z częściową jej depolimeryzacją.

3. Struktura materiałów skrobiowych otrzymanych w wyniku ekstruzji (O2 i O4)

W kolejnych badaniach podjęłam próbę oceny wpływu warunków ekstruzji oraz składu materiału wyjściowego na porowatość gotowego produktu, mierzoną w szerokim zakresie rozmiarów porów. W pierwszej z prac dotyczących tego tematu zastosowałam niskotemperaturową adsorpcję azotu do analizy porowatości ekstrudatów (O2). Mieszanka przeznaczona do ekstruzji składała się ze skrobi ziemniaczanej oraz preparatów białkowych: kazeiny kwasowej, białka sojowego oraz białka serwatkowego. Ekstruzja przeprowadzona przy stałym 50% udziale skrobi ziemniaczanej oraz stałej, 22% wilgotności mieszanki. Zmiennymi procesu były obroty ślimaka (60, 80 i 100 rpm), profil rozkładu temperatury (125/135/140°C i 110/120/125°C) oraz dodatek preparatu białkowego (0, 25 lub 50%). W przypadku izoterm sorpcji azotu uzyskanych dla wszystkich analizowanych próbek, niezależnie od warunków procesu, wystąpiło zjawisko histerezy świadczące o zachodzącej kondensacji kapilarnej. Typ pętli histerezy (H3) wskazywał na to, że w pory obecne w materiale miały kształt butelkowy (Ościk, 1983). Wykazałam, że w przypadku mieszanek zawierających 50% udział preparatu białka sojowego lub kazeiny kwasowej otrzymane ekstrudaty miały niższą porowatość w porównaniu do materiału wyjściowego. Powierzchnia właściwa zmniejszyła się z 0,46 m²/g, dla mieszanki wyjściowej skrobia/białko sojowe, do 0,32 i 0,19 m²/g, odpowiednio, dla ekstrudatów otrzymanych przy niższym i wyższym profilu temperatury w cylindrze ekstrudera. **Wyższe wartości S_{BET} w porównaniu do materiału wyjściowego (0,26 m²/g) miały ekstrudaty otrzymane z mieszanki zawierającej skrobię i po 25% preparatu kazeiny i białka serwatkowego, odpowiednio 0,29 i 0,35 m²/g, zależnie od prędkości obrotów ślimaka.** Możliwym wytłumaczeniem tego zjawiska jest powstawanie kompleksów skrobiowo-białkowych w wyniku oddziaływań zachodzących między cząsteczkami tych biopolimerów w trakcie ekstruzji. W nowopowstałych materiałach skrobiowych zmianie może ulec liczba i rodzaj grup biorących udział w zjawisku sorpcji, w porównaniu do materiału wyjściowego. Ekstrudaty otrzymane z 50% dodatkiem kazeiny oraz z 25% dodatkami kazeiny i białka serwatkowego charakteryzowały się najwyższą ekspansją radialną. Zaobserwowałam również wpływ obrotów ślimaka na zmiany ekspansji. Najwyższą ekspansją charakteryzowały się ekstrudaty otrzymane przy 80 rpm. **Badania wykazały, że istnieje zależność między porowatością produktów a obrotami ślimaka oraz**

profilem temperatury w cylindrze ekstrudera. Najbardziej rozwiniętą powierzchnię miały ekstrudaty wyprodukowane przy 80 rpm oraz w niższym zakresie temperatury.

W kolejnej pracy **(O4)** podjęłam próbę zastosowania niskotemperaturowej adsorpcji azotu, porozymetrii rtęciowej oraz sorpcji pary wodnej do pełniejszej charakterystyki struktury adsorbentów skrobiowych uzyskanych w wyniku ekstruzji. **Z dokonanej analizy publikacji dotyczących tego tematu wynika, że jest to pierwsza praca, w której problem oceny porowatości materiału skrobiowego potraktowany jest tak kompleksowo.** Ekstruzji poddano kaszkę ryżową zawierającą 80% skrobi (przy zachowaniu stałych parametrów procesu). Wilgotność surowca wynosiła 10, 15, 20 i 30%. Wykazałam zależność między wilgotnością a ekspansją i gęstością usypową (*bulk density*) ekstrudatów. Ekstrudaty otrzymane z kaszki o najniższej wilgotności charakteryzowały się najwyższą ekspansją oraz najniższą gęstością usypową. Według Bisharata i wsp. (2013), ekspansja produktów zależy od lepkości i elastyczności surowca. Im więcej wody zawiera surowiec tym mniejsza jest jego elastyczność, a tym samym niższa jest ekspansja otrzymanego produktu.

Analizę porowatości wykonałam w trzech zakresach wielkości porów: 1-50 nm w przypadku sorpcji pary wodnej, 1-100 nm dla niskotemperaturowej adsorpcji azotu oraz 3,6-7500 nm dla porozymetrii rtęciowej. Na podstawie danych z adsorpcji azotu wyznaczyłam powierzchnię właściwą ekstrudatów (S_{BET}). Jej wartości zawierały się w zakresie 0,3-0,5 m²/g. **Nawilżenie surowca miało największy wpływ na zmiany S_{BET} . Najniższą wartość S_{BET} uzyskałam dla ekstrudatów otrzymanych z kaszki o 30% wilgotności, najwyższą zaś – dla ekstrudatów z kaszki zawierającej 10% wody.** W przypadku rezultatów otrzymanych metodą sorpcji pary wodnej, wartość S_{BET} była znacznie wyższa tj. od 289 m²/g dla ekstrudatu z kaszki zawierającej 30% wody do 295 m²/g dla ekstrudatu otrzymanego przy 10% wilgotności materiału wyjściowego. Znacznie odbiegające od siebie wielkości powierzchni właściwej oznaczonej tymi metodami wynikają z różnic w oddziaływaniu obu adsorbatów z powierzchnią materiałów skrobiowych. Za adsorpcję niepolarnych cząsteczek azotu odpowiedzialne są siły van der Waalsa, a wielkość adsorpcji zależy od kształtu (geometrii) powierzchni. Adsorpcja wody, jako adsorbentu polarnego, determinowana jest obecnością grup polarnych na powierzchni adsorbenta. W przypadku pomiarów z użyciem pary wodnej szczególną rolę odgrywają wiązania wodorowe, dzięki którym cząsteczki wody mogą formować polimolekularne warstwy adsorpcyjne (Gregg i Sing, 1967; Sokołowska i wsp., 2004a, 2004b). Podobną zależność, między porowatością

ekstrudatów a wilgotnością surowca otrzymałam analizując próbki metodą porozymetrii rtęciowej. Najwyższą porowatość całkowitą – 17,19% zanotowałam dla ekstrudatów otrzymanych przy 10% wilgotności materiału wyjściowego i była ona ponad trzykrotnie wyższa, niż ta uzyskana dla ekstrudatów wyprodukowanych z kaszki zawierającej 30% wody. Szczegółowa analiza średniej średnicy porów oraz ich dystrybucji wykazała, że **istnieje związek między wilgotnością surowca a rozmiarami porów w badanych ekstrudatach.** Wyniki uzyskane z zastosowaniem azotu jako adsorbentu ujawniły, że nastąpiło przesunięcie rozmiarów porów z dominującej grupy (tzn. porów o największej całkowitej objętości), w kierunku mniejszych wartości - z 10-20 nm w próbie kontrolnej do 5-10 nm w ekstrudatach. Podobny trend prezentowały wyniki otrzymane metodą porozymetryczną. Pory w próbie kontrolnej, jak również w próbach po ekstruzji, miały rozmiary od 1 do 10 μm . Zanotowałam również niewielki udział porów o rozmiarach od 5 do 50 nm. **Po ekstruzji zmniejszył się udział porów o największych rozmiarach.** Oddziaływania pary wodnej z powierzchnią adsorbenta spowodowały, że wyniki uzyskane metodą sorpcji pary wodnej różniły się od tych otrzymanych dwiema pozostałymi metodami. W przypadku próby kontrolnej, rozmiary porów z grupy dominującej mieściły się w bardzo wąskim zakresie 1-2,5 nm. **Analiza porowatości ekstrudatów wykazała, że udział porów o rozmiarach poniżej 10 nm zmniejszył się i nastąpił równoczesny wzrost liczby porów o rozmiarach od 10 do 50 nm.**

Wnioski

1. Efektywność modyfikacji skrobi ultradźwiękami zależy głównie od właściwości fizykochemicznych rozpuszczalnika zastosowanego jako środowisko procesu. Woda stanowi lepsze medium dla kawitacji niż etanol, dlatego degradacja skrobi efektywniej zachodzi w tym rozpuszczalniku.
2. Sonikacja skrobi w wodzie prowadzi do otrzymania modyfikatów o istotnie wyższej porowatości od skrobi natywnej, niezależnie od pochodzenia botanicznego. Zwiększenie średniej średnicy porów ma miejsce tylko w przypadku skrobi ziemniaczanej.
3. W przypadku promieniowania γ jako czynnika modyfikującego, zastosowanie dawki 30 kGy powoduje wzrost powierzchni właściwej skrobi ziemniaczanej o ok. 20% w porównaniu ze skrobią niemodyfikowaną co prowadzi do ponad 2,5-krotnego zwiększenia podatności skrobi na α -amylolizę.

4. Zastosowanie ultradźwięków oraz promieniowania γ kształtuje właściwości funkcjonalne materiałów skrobiowych. Zależnie od pochodzenia botanicznego surowca można otrzymać modyfikaty o zwiększonej absorpcji tłuszczu i wody, wyższej rozpuszczalności, sile pęcznienia, zdolności żelowania oraz obniżonej lepkości kleików w porównaniu do skrobi natywnej. W przypadku skrobi ziemniaczanej otrzymane produkty charakteryzują się również wyższą przejrzystością kleików.
5. Produkty skrobiowe otrzymane na drodze ekstruzji różnią się zasadniczo strukturą od materiału wyjściowego. Wybór odpowiednich parametrów procesu (prędkości ślimaka, profilu temperatury w cylindrze) oraz składu i wilgotności surowca decyduje o porowatości ekstrudatów. Niska wilgotność mieszanki wyjściowej sprzyja powstawaniu produktów o wyższej ekspansji i wyższej porowatości. Materiały skrobiowe powstałe w wyniku ekstruzji charakteryzują się wyższym udziałem porów o rozmiarach poniżej 50 nm oraz niższą porowatością w zakresie rozmiarów porów od 5 do 10 μm niż materiał wyjściowy.
6. Zastosowanie niskotemperaturowej adsorpcji azotu, porozymetrii rtęciowej oraz sorpcji pary wodnej do oceny porowatości pozwala na szerszą charakterystykę struktury ekstrudatów, ale podczas interpretacji wyników należy brać pod uwagę różnice w oddziaływaniu adsorbatów z powierzchnią adsorbenta.

Literatura

1. Ali M. T., Fule R., Sav A., Amn P. 2013. Porous starch: a novel carrier for solubility enhancement of carbamazepine. *AAPS PharmSciTech.* 14(3): 919–926.
2. Amini, A.M., Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A. 2015. Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch, *Carbohydr. Polym.* 122, 282–292.
3. Ashogbon A. O., Akintayo E. T. 2014. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch/Stärke.* 66,41–57.
4. Barret E.P., Joyner L. G., Halenda P. P. 1951. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms. *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 373-380.
5. Basedow A. M., Ebert K. H., Ultrasonic degradation of polymers in solution, in: Y.S. Lipatov, B.R. Jennings, A.M. Basedow, K. Ebert (Eds.), *Physical Chemistry*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1977, pp. 83–148.

6. Bisharat, G.I., Oikonomopoulou, V.P., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., 2013. Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Res. Int.* 53, 1-14.
7. Blaszczyk, W., Fornal, J., Valverde, S., Garrido, L. 2005. Pressure-induced changes in the structure of corn starches with different amylose content. *Carbohydr. Polym.* 61, 132–140.
8. Brunauer S., Emmett P. H., Teller E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 60, 309-319.
9. Chung H-J., Liu Q. 2010. Molecular structure and physicochemical properties of potato and bean starches as affected by gamma-irradiation. *Int. J Biol Macromol* 47, 214–222.
10. Din Z., Xiong H., Fei P. 2015. Physical and chemical modification of starches: A review. *Critical Rev.Food Sci. Nutr.* 57, 2691-2705.
11. Doktycz S. J., Suslick K. S. 1990. Interparticle collisions driven by ultrasound, *Science*, 247
12. Fannon, J. E., Hauber, R. J., BeMiller, J. N. 1992. Surface pores of starch granules. *Cereal Chem.*, 69, 284–288.
13. Fiedorowicz M., Tomasik P., Lii C.Y. 2001. Degradation of starch by polarized light. *Carbohydr. Polym.* 45, 79-87.
14. Fortuna T., Juszczak L., Kujawski M., Pałasiński M. 2000. Porowatość ziarn skrobi a ich podatność na działanie preparatu α -amylazy bakteryjnej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 367, 51–64.
15. Fortuna T., Juszczak L., Pałasiński M. 1998. Change in the granule porosity on modification of starch. *Żywność. Technologia. Jakość.* 4(17), 124-130.
16. Gallant D. J., Bouchet B., Baldwin P. M. 1997. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. *Carbohydr Polym.* 32,177–91.
17. Gregg S. J., Sing K. S. W. Adsorption, surface area and porosity. Academic Press, London and New York, 1967
18. Hajnos M., swieboda R. Porowatość i zwilżalność organicznych ciał stałych. W: *Metody badań substancji humusowych ekosystemów wodnych i lądowych* pod red. D. Gołębiowskiej. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin 2004, 57-72.
19. Han, Z., Zeng, X., Zhang, B., Yu, S., Effect of pulsed electric fields (PEF) treatment on the properties of corn starch. *J.Food Eng.* 2009, 93, 318–323.
20. Hemwimol S., Pavasant P., Shotipruk A. 2006. Ultrasound-assisted extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*, *Ultrason. Sonochem.* 13, 543–548.
21. Huber, K. C., BeMiller, J. N. (2000). Channels of maize and sorghum starch granules. *Carbohydr. Polym.* 41, 269-276.
22. Jamroz J., Ciesielski W., Pieliowski K., Tomasik P. 1998. Extrusion – cooking of potato starch and selected properties of the extrudates. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 7, 89-97.
23. Juszczak L., Fortuna T., Krok F. 2003a. Non-contact Atomic Force Microscopy of Starch Granules Surface. Part I. Potato and Tapioca Starches. *Starch/Stärke*, 55, 1–15
24. Juszczak L., Fortuna T., Krok F. 2003b. Non-contact Atomic Force Microscopy of Starch Granules Surface. Part II. Selected Cereal Starches.. *Starch/Stärke*, 55, 8–16

25. Karathanos V. T., Saravacos G. D. 1993. Porosity and pore size distribution of starch materials. *J. Food Eng.* 18, 259-280.
26. Klingler R.W, Meuser F, Niediek E.A. 1986. Effect of the form of energy transfer on the structural and functional characteristics of starch. *Starch/Stärke* 38, 40–4.
27. Leighton T. *The Acoustic Bubble*. Academic Press, San Diego, USA, 1997.
28. Lewandowicz G. 2002. *Modyfikacja skrobi z użyciem pola mikrofalowego*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Kraków.
29. Lique de Castro M.D., Priego Capote F. *Analytical Application of Ultrasound*, Elsevier (first edition), Amsterdam, 2007.
30. Liu, T., Ma, Y., Xue, S., Shi, J. 2012. Modifications of structure and physicochemical properties of maize starch by γ irradiation treatments. *LWT—Food Sci. Technol.* 46, 156–163.
31. Liu X., Wei Q. 2016. Removal of methylene blue from aqueous solution using porous starch-g-poly(acrylic acid) superadsorbents. *RSC Advances*, 83, 79263-80367.
32. Luallen T. 2004. Utilizing starches in product development. In: Eliasson A-C. (Ed.) *Starch in food*. CRC Press, Boca Raton, USA.
33. Luo, Z., Fu, X., He, X., Luo, F., Gao, Q., & Yu, S. 2008. Effect of ultrasonic treatment on the physicochemical properties of maize starches differing in amylose content. *Starch/Stärke*, 60, 646-653.
34. Ma X., Liu X., Anderson D. P., Chang P. R. 2015. Modification of porous starch for the adsorption of heavy metal ions from aqueous solution. *Food Chem.* 181, 133-139.
35. Madras G., Chattopadhyay S. 2001. Effect of solvent on the ultrasonic degradation of poly(vinyl acetate), *Polym. Degrad. Stabil.* 71, 273–278.
36. Marousis S. N., Saravacos G. D. 1990. Density and porosity in drying starch materials. *J. Food Sci.* 55, 1367-1372.
37. Ościk J. 1983. *Adsorpcja*. PWN, Warszawa.
38. Pérez S., Bertoft E. 2010. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. *Starch/Starke* 62, 389–420.
39. Price G. J., White A. J., Clifton A.A. 1995. Effect of high-intensity ultrasound on solid polymers. *Polymer*, 36, 4919-4925.
40. Raffi J. J., Agnel J. J., Frejaille C. M., Saint-Lebe L. R. 1981. Radio-induced products in maize starch: glyceraldehyde, dihydroxyacetone and 2-hydroxymalonaldehyde. *J Agric Food Chem* 29, 548–550.
41. Renshaw R.C., Robinson J. P., Dimitrakakis G. A., Bows J.R., Kingman S. W. 2016. Characterisation of potato crisp effective porosity using micro-CT. *J Sci Food Agric.* 96, 4440-8
42. Sing K. S., Everett D. H., Haul R. A. W., Moscou L., Pierotti R. A., Rouquerol J., Semiëniewska T. 1985. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. *Pure and Appl. Chem.* 57, 603-619.
43. Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., Gill, B. S. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources—A review. *Food Chem.* 81, 219–231.

44. Skiba, K., Hajnos, M., Tys, J., Mościcki, L., 2008. Study of the microstructure of extruded rapeseed oil cake. *Pol. J. Environ. Stud.* 17 (1B), 284-289.
45. Sokołowska, Z., 2011. Surface area of soils and plants. In: (Gliński, J., Horabik J., Lipiec J. Eds) *Encyclopedia of Agrophysics*, Springer Press, Dordrecht- Heidelberg-London-New York.
46. Sokołowska, Z., Hajnos, M., Elias, E.A., Alaily, F., 2004a. Characteristics of the specific surface area of vertisols from the Gezira region in Sudan. *Int. Agrophysics* 18, 83-90.
47. Sokołowska, Z., Matyka-Sarzyńska, D., Bowanko, G., 2004b. Specific surface area of Lublin Polesie mucks determined from water vapour and nitrogen adsorption data. *Int. Agrophysics* 18, 363-368.
48. Sokołowska, Z., Bowanko, G., Boguta, P., Tys, J., Skiba, K., 2013. Characteristics of rapeseed oil cake using nitrogen adsorption. *Int. Agrophysics* 27, 329e334.
49. Szymońska J., Krok F. Komorowska-Czepirska E., Rembilas K. 2003. Modification of granular starch by multiple deep-freezing and thawing. *Carbohydr. Polym.* 52, 1-10.
50. Thirumdas R., Kadam D., Annature U. S. 2017. Cold plasma: an alternative technology for the starch modification. *Food Biophys.* 12, 129–139.
51. Tomasik P. 2000. Skrobie modyfikowane i ich zastosowania. *Przemysł Spożywczy.* 4, 16-18.
52. Tomasik P., Zaranyika M. F. 1995. Nonconventional methods of modification of starch. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 51, 243-320.
53. Verraes T., Lepoint-Mullie F., Lepoint T. 2000. Experimental study of the liquidflow near a single sonoluminescent bubble, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 117.
54. Wang S. J., Blazek J., Gilbert E., Copeland L. 2012. New insights on the mechanism of acid degradation of pea starch. *Carbohydr Polym.* 87, 1941–9.
55. Wang S. J., Copeland L. 2015. Effect of acid hydrolysis on starch structure and functionality: a review. *Crit Rev Food Sci.* 55, 1079–95.
56. Wu, D., Shu, Q., Wang, Z., Xia, Y. 2002. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. *Radiat. Phys. Chem.* 65, 79–86.
57. Wu, Y., Du, X., Ge, H., & Lu, Z. 2011. Preparation of microporous starch by glucoamylase and ultrasound. *Starch/Stärke*, 63, 217-225.
58. Yasui K. 2002. Influence of ultrasonic frequency on multibubble sonoluminescence, *J. Acoust. Soc. Am.* 112, 1405–1413.
59. Yu, Y., Wang, J. 2007. Effect of γ -ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. *Food Res Int.* 40, 297–303.
60. Zheng, J., Hu, Q. Li, A., Yang, L., Lu, J. Zhang, X., Lin, Q. 2013. Dual-frequency ultrasound effect on structure and properties of sweet potato starch, *Starch/Stärke* 65, 621–627.
61. Zhu F. 2017. Encapsulation and delivery of food ingredients using starch based systems. *Food Chem.* 229, 542–552

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Działalność naukową rozpoczęłam w 2002 roku podejmując studia doktoranckie na Wydziale Rolniczym (obecnie: Wydział Agrobiotechnologii) Akademii Rolniczej w Lublinie (obecnie: Uniwersytet Przyrodniczy). Zostałam włączona do zespołu naukowego w Zakładzie Analizy i Oceny Jakości Żywności kierowanego przez dr hab. Jerzego Jamroza, prof. nadzw. AR. Początkowo prowadziłam badania we współpracy z dr inż. Kennethem O. Udehem z Katedry Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowywania (obecnie Katedra Biotechnologii, Żywności Człowieka i Towaroznawstwa Żywności) Akademii Rolniczej w Lublinie. Dotyczyły one otrzymywania α -amylazy bakteryjnej zdolnej do hydrolizy skrobi granularnej. W przemysłowym procesie hydrolizy skrobi stosuje się etap kleikowania, który jest czaso- i energochłonny. Od lat trwają poszukiwania enzymów zdolnych do rozkładu skrobi zarówno w niskiej, jak i wysokiej temperaturze. W badaniach stosowałam α -amylazę syntetyzowaną przez szczep *Bacillus subtilis* sp. KK₃ wyizolowany z bulw taro (*Discorea esculenta*). Hydrolizę skrobi ziemniaczanej, kukurydzianej, pszennej i ryżowej prowadziłam w 50°C i 60°C przez 1, 2, 3 i 4 godziny. Wyznaczałam stopień hydrolizy skrobi oraz wykonałam zdjęcia mikroskopowe powierzchni gałeczek. Wyniki badań wykazały, że α -amyloliza skrobi granularnej jest możliwa już w 50°C. Najbardziej podatną na działanie α -amylazy była skrobia ziemniaczana, a najbardziej oporną – skrobia kukurydziana, co predysponowało ten enzym do wykorzystania w skali przemysłowej. Rezultaty badań opublikowano w 1 oryginalnej pracy twórczej (A. I. 1). Równolegle badałam zmiany powierzchni gałeczek skrobi ziemniaczanej i kukurydzianej pod wpływem hydrolizy kwasowej w środowisku alkoholowym. Wykazałam, że ten rodzaj modyfikacji jest mało efektywny w otrzymywaniu skrobi porowatych, ale może być wykorzystywany do badania struktury gałeczek. Podjęłam również próbę wykorzystania miareczkowania amperometrycznego roztworami jodu do oceny zmian struktury skrobi wywołanych działaniem α -amylazy. Stwierdziłam, że hydroliza enzymatyczna powoduje obniżenie zdolności do wiązania jodu (IBC) przez skrobię, niezależnie od pochodzenia botanicznego. Wnioski z tych badań przedstawiłam na 3 konferencjach krajowych.

Jako beneficjentka projektu „Prace naukowe doktorantów UP szansą dla lubelskiego rynku innowacji” (projekt badawczy nr: Z/2.06/II/2.6/24/05) finansowanego w ramach Priorytetu II ZPORR (Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego) EFS (Europejski Fundusz Strukturalny) w latach 2005-2006 kontynuowałam badania nad hydrolizą enzymatyczną skrobi we współpracy z Zakładami Ziemniaczanymi LUBLIN S.A., skupiając się wyłącznie na wpływie tego procesu na strukturę gałeczek skrobiowych. Częściowo zhydrolizowana skrobia granularna może stanowić matrycę do sorpcji i kontrolowanej desorpcji związków smakowo-zapachowych, a po zmieleniu służyć jako zamiennik tłuszczu w produktach o obniżonej kaloryczności. Do oceny zmian strukturalnych skrobi wykorzystałam szereg metod fizycznych m.in. niskotemperaturową adsorpcję azotu, porozymetrię rtęciową, piknometrię helową, małoskalowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego (SAXS), mikroskopię elektronową skaningową (SEM) i transmisyjną (TEM) oraz mikroskopię sił atomowych (AFM). Wyniki badań wykazały, że skrobie natywne są materiałem mikroporowatym, z niewielkim udziałem mezoporów, zaś powierzchnia gałeczek składa się z masy ziarnistych elementów o rozmiarach 20-40 nm, które zidentyfikowano jako klastry amylopektynowe (Szymońska i wsp., 2003). Wielkość powierzchni właściwej oraz typ krystalograficzny skrobi miały największy wpływ na podatność skrobi na hydrolizę enzymatyczną. Na podstawie wyników oznaczenia porowatości stwierdzono, że w początkowej fazie hydrolizy dominuje działanie powierzchniowe enzymu (egzokorozyja), w wyniku którego następuje stopniowe poszerzanie i pogłębianie istniejących porów oraz powstawanie nowych. Wzrost porowatości oraz powierzchni właściwej gałeczek skrobi ziemniaczanej i ryżowej był w znacznym stopniu związany ze zmniejszeniem ich rozmiarów w wyniku upłynnienia warstw powierzchniowych. Hydroliza z użyciem α -amylazy z *B. subtilis* spowodowała największe zmiany w strukturze gałeczek skrobi kukurydzianej i pszennej. Pory na ich powierzchni miały średnicę od 100 do 1500 nm. W przypadku skrobi ziemniaczanej i ryżowej głównym efektem działania enzymu były liczne zagłębienia i pęknięcia na powierzchni. Opisane rezultaty badań stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej pt.: „Wpływ hydrolizy enzymatycznej na zmiany struktury wybranych skrobi natiwnych”, napisanej pod kierunkiem naukowym dr hab. Jerzego Jamroza, prof. nadzw. AR. Obrona rozprawy odbyła się 24 września 2007 roku przed komisją powołaną przez Radę Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii Akademii Rolniczej w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy), zaś 7 listopada

2007 roku, decyzją Rady Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii, uzyskałem stopień doktora nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia, specjalność analiza żywności.

Równoległe z prowadzeniem badań naukowych poszerzałam swoją wiedzę w obszarze technologii żywności oraz żywienia człowieka biorąc udział w dwóch międzynarodowych programach szkoleniowych *Socrates Intensive Programme: „Food and Health”* (Warszawa, Polska, 2006) oraz „Food and Consumer” (Burgos, Hiszpania, 2007).

5.2. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Wyniki otrzymane podczas realizacji badań do rozprawy doktorskiej opublikowano w postaci 4 oryginalnych prac twórczych w czasopiśmie z listy A MNiSW, wyróżnionych w *Journal Citation Reports (JCR)* - (A.II.6.-A.II. A.9) oraz zaprezentowano na 2 konferencjach międzynarodowych (C.2.1 oraz C.2.2). Doświadczenie i wiedza zdobyta podczas przygotowywania rozprawy doktorskiej pozwoliły mi rozwinąć warsztat badawczy. W latach 2011-2013 **byłam kierownikiem trzech projektów badawczych dla młodych naukowców (VKT/MN/2)**, finansowanych wg zasad wewnętrznego trybu konkursowego na finansowanie badań naukowych służących rozwojowi młodych naukowców i uczestników studiów doktoranckich w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Celem tych projektów była ocena wpływu ultradźwięków oraz promieniowania jonizującego na strukturę i właściwości funkcjonalne wybranych skrobi. Wyniki badań opisano w pierwszej części autoreferatu.

Od roku 2011 jestem zaangażowana w badania dotyczące wpływu pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na akumulację wybranych jonów w komórkach drożdży *Saccharomyces cerevisiae* **(w latach 2011-14 byłam głównym wykonawcą w projekcie badawczym nr N N312 689840)**. Elektroporacja stanowi łatwą, nietoksyczną i tanią metodę wprowadzania jonów metali i makrocząsteczek do komórek. Polega ona na wytworzeniu w błonie komórkowej na tyle dużych porów, aby badane cząsteczki mogły wnikać do cytoplazmy, a jednocześnie na tyle małych, aby po pewnym czasie było możliwe ich zasklepienie, w sposób charakterystyczny dla danego typu komórek. Komórki *S. cerevisiae* (GRAS) mogą w diecie stanowić uzupełniające źródło deficytowych biopierwiastków i witamin. Wyniki badań

przebadanych w ramach projektu wykazały wpływ stężenia jonów Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} oraz pary jonów Zn^{2+} i Mg^{2+} w pożywce na ich akumulację w komórkach *S. cerevisiae*, zarówno w hodowlach kontrolnych (bez PEF), jak i z PEF. W hodowlach traktowanych PEF odnotowano istotny statystycznie wpływ wzrastających stężeń tych jonów w pożywce na wzrost ich akumulacji w komórkach. Wykazano, że natężenie pola elektrycznego od 0.1 do 1.0 kV/cm, nie wpływa istotnie statystycznie na akumulację jonów w komórkach. Pierwsze istotne statystycznie zmiany akumulacji badanych jonów odnotowano w zakresie wyższych natężeń pola elektrycznego, od 2.0 do 6.0 kV/cm. Przy optymalnym natężeniu pola, 5.0 kV/cm, stwierdzono maksymalną akumulację w komórkach, która była 2-krotnie wyższa (Mg^{2+} , para Zn^{2+} i Mg^{2+}) oraz 3-krotnie wyższa (Ca^{2+}) w porównaniu do hodowli kontrolnej. Wykazano istotny wpływ szerokości pulsu PEF na akumulację badanych jonów w komórkach. Zastosowano szerokość pulsu w zakresie od 10 do 150 μs . Za optymalne szerokości pulsu przyjęto 10 i 20 μs , przy których uzyskano maksymalną akumulację badanych jonów w komórkach drożdży. W licznych doświadczeniach udowodniono, że istotnym parametrem wpływającym na akumulację jonów w komórkach jest czas ekspozycji pola na hodowlę biomasy komórek drożdży. Za optymalną ekspozycję PEF przyjęto 15 i 20 minut. Wyniki z przeprowadzonych badań wykazały istotny wpływ okresu hodowli, po którym traktowano PEF biomasę komórek drożdży. Hodowle, od ich rozpoczęcia traktowano PEF po 8, 12, 16, 20 i 24 godzinach. Najbardziej podatną na ekspozycję PEF okazała się 20 godzinna hodowla, ponieważ w komórkach wykazano najwyższe nagromadzenie badanych jonów. Jakościową i ilościową analizę oraz mapowanie jonów metali przeprowadzono z wykorzystaniem transmisyjnego mikroskopu elektronowego Tecnai G2 20 X-TWIN firmy Fei Company wyposażonego w spektrometr rentgenowski EDX z detektorem typu Si (Li) o spektralnej zdolności rozdzielczej ≤ 136 eV. W komórkach pochodzących z hodowli traktowanej PEF przy zoptymalizowanych parametrach pola oraz stężeniach jonów w pożywce, stwierdzono wyraźnie dużo większe nagromadzenie Zn^{2+} w organellach komórkowych, w porównaniu z Mg^{2+} . Natomiast w ścianie komórkowej nagromadziło się więcej Mg^{2+} w porównaniu z Zn^{2+} . Badając skład ilościowy tych pierwiastków wewnątrz komórki, stwierdzono 3-krotnie większe stężenie magnezu oraz 6-krotnie większe stężenie cynku w porównaniu do nagromadzenia w ścianie komórkowej.

Pulsacyjne pole elektryczne miało również wpływ na jednoczesną akumulację jonów cynku i selenu w komórkach *S. cerevisiae*. Badania wykazały istotne wzajemne

oddziaływanie w/w jonów na ich akumulację w komórkach. Wzrastające stężenie selenu spowodowało początkowo wzrost, a następnie spadek akumulacji cynku w komórkach, natomiast wzrastające stężenie cynku w pożywce, skutkowało wzrostem a następnie spadkiem stężenia selenu w komórkach drożdży, zarówno w hodowlach kontrolnych jak i traktowanych PEF. Za najbardziej optymalne stężenie dla obu jonów przyjęto 100 $\mu\text{g Se}^{4+}/\text{ml}$ oraz 150 $\mu\text{g Zn}^{2+}/\text{ml}$ pożywki. W hodowlach traktowanych PEF uzyskano wówczas najwyższą akumulację selenu 43,07 mg/g s.m. oraz cynku 14,48 mg/g s.m. Przy zoptymalizowanych parametrach PEF tj. natężeniu pola 3 kV/cm i szerokości pulsu 10 μs , po traktowaniu 10 minutowym PEF 20 godzinnej hodowli, odnotowano maksymalne nagromadzenie selenu i cynku w komórkach drożdży. Zastosowanie PEF spowodowało wzrost akumulacji selenu o 65 % i cynku o 100 %, zaś zoptymalizowanie wszystkich parametrów PEF przyczyniło się do jeszcze większej akumulacji obu pierwiastków. W rezultacie akumulacja selenu i cynku wzrosła odpowiednio ponad 2-krotnie i 2.5-krotnie, w porównaniu do hodowli bez PEF i osiągnęła odpowiednio 18,28 i 56,41 mg/g s.s.

Efektom opisanych prac jest cykl publikacji zamieszczonych w czasopismach z listy A MNiSW, których jestem współautorem (A.II.10, A.II.11, A.II.13, A.II.15). Wyniki badań były również prezentowane w formie referatów i posterów na dwóch konferencjach międzynarodowych (C.1.2., C.1.3., C.2.3., C.2.4.).

Kolejnym obszarem moich zainteresowań jest analiza sensoryczna żywności. W moim dorobku naukowym znajduje się praca dotycząca właściwości antyoksydacyjnych i sensorycznych mieszanek herbaty zielonej z suszonymi owocami (A.II.12). Herbata zielona, nie poddawana fermentacji, zawiera znacznie więcej związków fenolowych i wykazuje wyższą aktywność przeciwutleniającą niż herbaty fermentowane takie jak herbata czerwona lub czarna. Mimo obserwowanego wzrostu konsumpcji w ostatnich latach, herbata zielona jest nadal znacznie mniej popularna w Polsce niż herbata czarna. Według konsumentów napar tej herbaty jest stosunkowo gorzki i cierpki, a aromat mało atrakcyjny. Aby zwiększyć atrakcyjność herbaty zielonej, producenci stosują różnorakie dodatki kwiatowe, ziołowe lub owocowe lecz zwykle mieszanki dostępne w handlu zawierają do kilku procent deklarowanego składnika lub są jedynie aromatyzowane. Celem podjętych badań było skomponowanie mieszanek, które poza lepszymi właściwościami przeciwutleniającymi od czystej herbaty zielonej charakteryzowałyby się również niższą intensywnością smaku gorzkiego i cierpkiego oraz atrakcyjniejszym aromatem. W kompozycjach mieszanek

wykorzystałam m.in. owoce roślin z rodziny *Rosaceae*, charakteryzujące się bardzo wysoką aktywnością przeciwutleniającą. Rezultaty badań wykazały, że mieszanki zawierające ponad 20% suszonego owocu miały wyższą aktywność przeciwutleniającą od czystej herbaty zielonej. Najlepszymi właściwościami przeciwutleniającymi, oznaczonymi metodą z rodnikiem DPPH oraz metodą FRAP, charakteryzowały się mieszanki zawierających 30% suszonej pigwy oraz żurawiny, przy czym dodatek drugiego z wymienionych owoców zyskał wyższą notę w badaniach konsumenckich (skala hedoniczna).

W 2015 roku podjęłam współpracę naukową z dr hab. inż. Bartoszem Sołowiejem. Badania dotyczyły wpływu dodatku modyfikowanej skrobi kukurydzianej (E-1422 i E-1442) oraz pH środowiska na właściwości reologiczne i teksturę analogów sera topionego zawierającego kazeinę kwasową. Rezultaty badań wykazały, że wszystkie analogi otrzymane w zakresie pH 5-7 charakteryzowały się dobrą topliwością. Zastosowanie skrobi modyfikowanej pozwoliło otrzymać produkty o zróżnicowanych właściwościach. Wyprodukowano zarówno analogi serów charakteryzujące się dobrą smarownością (wyższą lepkością, topliwością i przylegalnością), jak i takie o wysokiej twardości, które zachowywały kształt opakowania i dobrze nadawały się do krojenia w plastry (A.II.14).

Równocześnie z pracą naukową angażuję się w działalność organizacyjną Wydziału. Od 2012 roku jestem członkiem Rady Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii. W kadencji 2012-2016 pracowałam w Wydziałowej Komisji do Spraw Promocji Wydziału oraz w Wydziałowej Komisji do Spraw Kadr Naukowych i Oceny Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii (prace w tej komisji kontynuuję w kadencji 2016-2020). Decyzją Rady Wydziału NoŻiB z dn. 17 maja 2017 zostałam promotorem pomocniczym pracy doktorskiej mgr Małgorzaty Góral zatytułowanej: "Wpływ aplikacji pulsacyjnego pola elektrycznego na bioakumulację wybranych jonów metali w komórkach *Lactobacillus rhamnosus* B442". Dodatkowo prowadzę działalność popularyzatorską, której głównym celem jest przekazanie wiedzy z zakresu analizy i oceny jakości żywności dzieciom i młodzieży ze szkół podstawowych, gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych. W ramach tej działalności prowadzę cyklicznie wykłady oraz warsztaty.

W 2013 roku odbyłam dwumiesięczny staż szkoleniowy na Uniwersytecie Stanforda (USA) w ramach prestiżowego programu *Top500 Innovators*, organizowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W trakcie pobytu

w Dolinie Krzemowej byłam stażystką w startupie Infinity Aerospace, współpracującym z NASA i zajmującym się obsługą eksperymentów prowadzonych w warunkach mikrogravitacji.

Literatura

Szymońska, J., Krok, F., Komorowska-Czepirska, E., & Rembilas, K. (2003). Modification of granular starch by multiple deep-freezing and thawing. *Carbohydrate Polymers*, 52, 1–10.

6. Wskaźniki dokonań naukowych

- Suma punktów za publikacje, według załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania)*/według załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 roku** wynosi odpowiednio: **502*/ 534**** (odpowiednio 487/519 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora),
- Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy *Journal Citation Reports* (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania wynosi: **37,15** (36,644 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora),
- liczba prac opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez *Journal Citation Reports* (JCR) wynosi **16** (łącznie 473 punktów*/505 punktów**, co stanowi odpowiednio **94,2%** / **94,6%** ogólnej liczby punktów),
- Indeks Hirscha opublikowanych prac według bazy Web of Science, Scopus oraz Google Scholar wynosi: **5** (na dzień 31.05.2017).
- Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (na dzień 31.05.2017) wynosi: **130** (bez autocytowań – 117), według bazy Scopus (na dzień 31.05.2017) wynosi: **153** (bez autocytowań – 135), według Google Scholar (na dzień 31.05.2017) wynosi: **192**.

6.1. Liczbowe zestawienie dorobku naukowego

Rodzaj publikacji	Liczba	Punkty MNiSW*	Punkty MNiSW**	IF***
Przed uzyskaniem stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	1	15	15	0,506
Publikacje w czasopismach recenzowanych innych niż znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	-	-	-	-
Rozdziały w monografiach	-	-	-	-
Łącznie publikacje	1	15	15	0,506
Po uzyskaniu stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	15	458	490	36,65
W tym stanowiące szczególne osiągnięcie	5	195	195	17,016
Publikacje w czasopismach recenzowanych innych niż znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	-	-	-	-
W tym stanowiące szczególne osiągnięcie	-	-	-	-
Monografie	1	25	25	-
W tym stanowiące szczególne osiągnięcie	-	-	-	-
Rozdziały w monografiach	1	4	4	-
W tym stanowiące szczególne osiągnięcie	-	-	-	-
Łącznie publikacje	17	487	519	36,65
Komunikaty naukowe				
Przed uzyskaniem stopnia doktora	4	-	-	-
Po uzyskaniu stopnia doktora	7	-	-	-
Łącznie komunikaty naukowe	11	-	-	-
Publikacje niepunktowane				
Przed uzyskaniem stopnia doktora	-	-	-	-
Po uzyskaniu stopnia doktora	-	-	-	-
Łącznie publikacje				
RAZEM (oryginalne prace twórcze, komunikaty naukowe, publikacje niepunktowane)	29	502	534	37,15

* wg załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

** wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

*** zgodnie z rokiem wydania

6.2. Zestawienie czasopism, w których opublikowano prace naukowe

Czasopismo	Punkty MNiSW*	Punkty MNiSW**	Liczba prac		Suma punktów*	Suma punktów**
			Przed doktoratem	Po doktoracie		
Czasopisma znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)						
Italian Journal of Food Science	15	15	1	-	15	15
International Agrophysics	6	25	-	1	6	25
LWT	20	35	-	1	20	35
Starch/Stärke	27/30/25	25	-	3	82	75
Food Hydrocolloids	40/45	45	-	2	85	90
Food Chemistry	40	40	-	3	120	120
Journal of Food Engineering	40	40	-	1	40	40
Journal of Membrane Biology	20	20	-	1	20	20
European Food Research and Technology	25	25	-	1	25	25
Agro-Food Industry Hi-Tech	15	15	-	1	15	15
Ultrasonic Sonochemistry	45	45	-	1	45	45
Czasopisma naukowe nieujęte w wykazie czasopism naukowych MNiSW						
Monografie***	25	25	-	1	25	25
Rozdziały w monografiach w języku polskim***	4	4	-	1	4	4
Komunikaty naukowe na konferencje międzynarodowe	-	-	1	6	-	-
Komunikaty naukowe na konferencje krajowe	-	-	3	1	-	-
RAZEM			5	24		

* wg załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

** wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

*** wg Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 sierpnia 2012 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym

31.05.2017

m Sykko