

AUTOREFERAT
z opisem osiągnięć naukowych
związanych z postępowaniem habilitacyjnym

dr inż. Emilia Janiszewska-Turak

Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Spis treści

1.	Dane osobowe.....	2
2.	Posiadane dyplomy, tytuły i stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	2
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu	3
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 (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1530).....	4
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	4
	„Wpływ modyfikacji parametrów mikrokapsułkowania związków aktywnych metodą suszenia rozpyłowego na efektywność procesu oraz właściwości proszków.....	4
4.2.	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego	4
4.3.	Wstęp	6
4.3.1.	Cel naukowy	10
4.3.2.	Metodyka – skrócona charakterystyka	10
4.4.	Wpływ rodzaju substancji aktywnej na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H1, H3, H4) ...	11
4.5.	Wpływ rodzaju i ilości zastosowanego nośnika na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H1, H2, H3, H4)	14
4.6.	Wpływ parametrów procesu suszenia rozpyłowego na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H2, H3)	18
4.7.	Nowe rozwiązania w procesach mikrokapsułkowania barwników (publikacje H5, H6)	20
4.8.	Podsumowanie i wnioski.....	21
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	23
5.1.	Mikrokapsułkowanie aromatów metodą suszenia rozpyłowego	25
5.2.	Wpływ suszenia rozpyłowego na morfologię proszków spożywczych	27
5.3.	Zagospodarowanie surowców warzywnych	27
5.4.	Zastosowanie dwutlenku węgla w przemyśle spożywczym.....	29
6.	Podsumowanie pracy naukowo-badawczej	30
7.	Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną.....	32
7.1.	Działalność dydaktyczna	32
7.2.	Działalność organizacyjna.....	33
7.3.	Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów	33
7.4.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia.....	34
7.5.	Współpraca z zagranicą, recenzje publikacji.....	34
7.6.	Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki.....	36
7.7.	Konferencje	36
7.8.	Współpraca z przemysłem.....	36

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: **Emilia Janiszewska-Turak**

Miejsce pracy: Wydział Nauk o Żywności
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa
tel. +48 22 593 75 66, e-mail:
emilia_janiszewska_turak@sggw.pl

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

- 2013 r. Uniwersytet Berkeley**
Top 500 Innovators Science - Management – Commercialization
Berkeley University, Kalifornia, USA, 7.10-06.12.2013 (2 miesiące)
- 2012 r. Uniwersytet Warszawski**
wydział: Prawa i Administracji
studia podyplomowe: Ochrona własności Intelektualnej
uzyskane świadectwo: ukończenia studiów podyplomowych z dnia 30.06.2012
- 2010 r. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
wydział: Wydział Nauk o Żywności
studia podyplomowe: Studia podyplomowe w zakresie nowoczesnych instrumentalnych metod analitycznych w badaniach bezpieczeństwa zdrowotnego żywności i pasz
uzyskane świadectwo: ukończenia studiów podyplomowych nr 4/2010 z dnia 29.05.2010
- 2009 r. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
wydział: Wydział Nauk Humanistycznych
kierunek: Studia Doskonalenia Pedagogicznego (jedno-semesterne)
uzyskane świadectwo: ukończenia studiów podyplomowych nr SDP-661/2009 z dnia 29.06.2009
- 2008 r. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
Wydział Nauk o Żywności

stopień doktora inżyniera nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia

Wyróżniona praca doktorska pt. „Studia nad mikrokapsułkowaniem aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego”, realizowana w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji pod kierunkiem Prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert

2004 r. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauki o Żywności

kierunek: Inżynieria Chemiczna i Procesowa

Specjalizacja: inżynieria przetwórstwa żywności

stopień magistra inżyniera

Praca magisterska pt. „Przeciwpądowa ośmioskładnikowa absorpcja w kolumnie wypełnionej”, realizowana pod kierunkiem Pani Prof. dr hab. Bożenny Kawalec – Pietrenko

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

- 30.12.2009 – obecnie **adiunkt**
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Wydział Nauk o Żywności
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- 30.12.2008 – 29.12.2009 r. **asystent**
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Wydział Nauk o Żywności
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- 01.10.2004 – 20.11.2008 r. **doktorant**
dienne studia doktoranckie, Katedra Inżynierii
Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk
o Żywności, Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
- 01.10.2011-30.03.2012 r. **Wykładowca na studiach podyplomowych**
Studia Podyplomowe Na Rzecz Rozwoju Kadr Nowej
Gospodarki
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki
i Przedsiębiorczości w Łomży, ul. Akademicka 14, 18-400
Łomża
- 01.10.2010– 31.08.2011 r. **starszy wykładowca**
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki
i Przedsiębiorczości w Łomży, ul. Akademicka 14, 18-400
Łomża

W okresie od 24.12.2014 – 22.12.2015 r. oraz 12.04.2017-10.04.2018 r. przebywałam na urlopie macierzyńskim (łącznie 24 miesiące).

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 (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1530)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie 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 (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1530) jest cykl sześciu publikacji naukowych pt.:

„Wpływ modyfikacji parametrów mikrokapsułkowania związków aktywnych metodą suszenia rozpyłowego na efektywność procesu oraz właściwości proszków

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

- H1. **Janiszewska E.**, Arciszewska M., Witrowa-Rajchert D., Zależność między efektywnością mikrokapsułkowania aromatu wanilinowego i właściwościami fizycznymi uzyskanych proszków. Żywność Nauka Technologia Jakość, 2013, 3 (88),174-186.
IF₂₀₁₃ = 0,311, IF_{5-year} = 0,295, MNiSW = 15

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy i zaplanowaniu doświadczeń i metodyki badań, nadzorowaniu prowadzonych prac technologicznych i badań w całym zakresie badawczym, analizie statystycznej i interpretacji wyników badań, graficznym i tabelarycznym przedstawieniu wyników, przygotowaniu manuskryptu, sformułowaniu wniosków, wykonaniu korekty zgodnie z zaleceniami recenzentów i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma (**autor korespondujący**). Mój udział procentowy szacuję na 70%.*

- H2. **Janiszewska E.**, Włodarczyk J., 2013. Influence of spray drying conditions on the beetroot pigments retention after microencapsulation process. Acta Agrophysica, 2013, 20(2), 343-356.
MNiSW = 7

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy i planowaniu doświadczeń, nadzorowaniu prac technologicznych i badawczych, pomocy w zebraniu i dokonaniu przeglądu literatury, współudziale w analizie i interpretacji wyników badań, graficznym i tabelarycznym przedstawieniu wyników, analizie statystycznej uzyskanych wyników, współudziale w sformułowaniu wniosków, przygotowaniu całości manuskryptu, wykonywaniu korekty zgodnie z zaleceniami recenzentów i prowadzeniu korespondencji z redaktorem artykułu (**autor korespondujący**). Mój udział procentowy szacuję na 90%*

- H3. **Janiszewska E.**, 2014. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. Powder Technology, 264, 190-196.
DOI: 10.1016/j.powtec.2014.05.032
IF₂₀₁₄ = 2,349, IF_{5-year} = 2,437, MNiSW = 35

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy i zaplanowaniu doświadczeń i metodyki badań, wykonaniu prowadzonych prac technologicznych i badań w całym zakresie badawczym, analizie statystycznej i interpretacji wyników badań, graficznym i tabelarycznym przedstawieniu wyników, przygotowaniu manuskryptu, sformułowaniu wniosków, wykonaniu korekty zgodnie z zaleceniami recenzentów i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma (**autor korespondujący**). Mój udział procentowy 100%.*

- H4. **Janiszewska-Turak E.**, Dellarosa N., Tylewicz U., Laghi L., Romani S., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert D., 2017. The influence of carrier material on some physical and structural properties of carrot juice microcapsules. Food Chemistry, 236, 134-141.
DOI: 0.1016/j.foodchem.2017.03.134
IF₂₀₁₇ = 4,946, IF_{5-year} = 4,879, MNiSW = 40

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na pozyskaniu środków, w ramach których badania mogły być realizowane (konkurs wewnętrzny Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego przyznanego na wyjazd do zagranicznego ośrodka naukowego), współudziale w opracowaniu koncepcji pracy, współudziale w planowaniu doświadczeń, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu prac technologicznych związanych z uzyskaniem proszku, wykonaniu oznaczeń lepkości i gęstości roztworów oraz analizie wyników badań proszków, przygotowaniu próbek do pomiaru Tg dwoma metodami, współudziale w merytorycznej ocenie otrzymanych i opracowanych wyników, opracowaniu wyników związanych z właściwościami fizycznymi proszków, wykonaniu analizy statystycznej i interpretacji wyników badań, sformułowaniu wniosków, przygotowaniu manuskryptu, pomoc w wykonaniu korekty zgodnie z zaleceniami recenzentów. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- H5 **Janiszewska-Turak E.**, Pisarska A., Królczyk J.B., 2016. Natural food pigments application in food products. Nauka Przyroda Technologie, 10(4), #51.
DOI: 10.17306/J.NPT.2016.4.51
MNiSW = 9

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, współudziale w zebraniu literatury i dokonaniu przeglądu literatury, analizie uzyskanych wyników oraz współudziale w przygotowaniu manuskryptu, redagowaniu tekstu i jego ostatecznej wersji oraz prowadzeniu korespondencji z redaktorem artykułu (**autor korespondujący**). Mój udział procentowy szacuję na 80%.*

- H6. **Janiszewska-Turak E.**, 2017. Carotenoids microencapsulation by spray drying method and supercritical fluid micronization. Food Research International, 99(2), 891-901.
DOI: 0.1016/j.foodres.2017.02.001
IF₂₀₁₇ = 3,520, IF_{5-year} = 4,196, MNiSW = 40*

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu niezbędnej dostępnej literatury oraz patentów, dokonaniu analizy dostępnych i stosowanych metod mikrokapsułkowania karotenoidów, przygotowaniu całego manuskryptu, sformułowaniu wniosków, wykonaniu korekty zgodnie z zaleceniami

recenzentów i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma (autor korespondujący). Mój udział procentowy 100%.

** punkty podane zostały za rok 2016, gdyż na dzień 01.04.2019 nie było podanych punktów za rok 2017*

Sumaryczny IF prac stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi **11,126** ($IF_{5\text{-year}} = 11,807$), suma punktów według punktacji MNiSW, obliczonej zgodnie z rokiem publikacji, wynosi **146**.

Badania zawarte w powyższych pracach zostały sfinansowane m.in. ze środków Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w ramach wewnętrznego trybu konkursowego SGGW dla młodego pracownika nauki lub uczestnika studiów doktoranckich – publikacja **H3**, oraz w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego, przyznanego na wyjazd do zagranicznego ośrodka naukowego, tj. Uniwersytetu Bolońskiego we Włoszech – publikacja **H4**. Były także prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych (Załącznik 4 punkt **3B_19, Q1_6, Q1_11**).

4.3. Wstęp

Wraz z rozwojem technologii w zakresie przetwórstwa żywności i wprowadzaniem przez producentów nowych produktów na rynek zmieniły się również oczekiwania konsumentów związane ze smakiem, zapachem i barwą oferowanych im produktów. Konsumenty oczekują od wytwórców nowych doznań smakowych, co zwiększa zainteresowanie producentów żywności użyciem aromatów i barwników spożywczych w swoich produktach (**H4, H5**, Załącznik 4 punkt **D24**). Obecny trend do „naturalności” skłania do poszukiwania dodatków uzyskiwanych z surowców naturalnych. Najczęściej stosowane w przemyśle spożywczym są gotowe płynne lub proszkowe aromaty na bazie wodnej lub olejowej oraz skoncentrowane soki owocowe lub warzywne, będące źródłem substancji barwiących, co w przypadku dodawania ich do produktów sypkich znacznie utrudnia dozowanie. Ponadto, dodatki w formie płynnej mogą być w większym stopniu narażone na działanie czynników środowiska jak temperatura, wilgotność, zmiana pH czy rozwój flory bakteryjnej (**H1, H2, H3, H4, H6**).

Aromaty jak i barwniki należą do substancji dodatkowych i ich użycie w produktach spożywczych jest regulowane odpowiednimi aktami prawnymi. Według Ustawy (Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225) z dnia 25.08.2016 o bezpieczeństwie żywności i żywienia za substancję dodatkową uważa się substancję niespożywaną odrębnie jako żywność, która nie jest również typowym składnikiem żywności, a użycie jej w procesie produkcji, przetwarzania i przechowywania jest niezbędne, i spowoduje zamierzone rezultaty, a także nie stworzy zagrożenia dla zdrowia człowieka. Bez stosowania tych substancji żywność byłaby nietrwała, niearomatyczna i nie zaspokajałaby wielu oczekiwań współczesnego konsumenta (Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225).

Podstawową funkcją aromatów spożywczych jest kreowanie wrażeń smakowych i zapachowych. Aromaty spożywcze tworzą bardzo zróżnicowaną grupę dodatków do żywności. Na jeden aromat może składać się ponad kilkadziesiąt związków, które występują w różnych proporcjach. Do głównych związków tworzących aromaty należą m.in. estry, terpeny, aldehydy, alkohole, pirazyny i laktony (Jedlińska i Witrowa-Rajchert 2017). Dotychczas związki te otrzymywane były za pomocą metod fizycznych, biotechnologicznych oraz na drodze syntezy chemicznej. Ta ostatnia metoda w dalszym ciągu jest stosowana do produkcji aromatów, ze względu na niskie nakłady pieniężne oraz dużą efektywność procesu (Krzyczkowska i wsp. 2009).

Drugą ważną grupę substancji dodatkowych stanowią barwniki spożywcze. Są to związki dodawane do żywności, odpowiedzialne za barwę produktów. Stosowanie barwników spożywczych zostało określone przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Stosuje się je dla przywrócenia pierwotnego wyglądu zewnętrznego żywności, której barwa uległa zmianie w wyniku przetwarzania, przechowywania, pakowania i dystrybucji, dla poprawy atrakcyjności wizualnej żywności oraz dla nadania barwy żywności, która w przeciwnym razie byłaby bezbarwna (EFSA MEMO/11/783, **H5**). Dodatki te mogą nadawać, pogłębiać bądź odnawiać barwę produktu, jeśli została ona utracona podczas obróbki technologicznej. Barwniki ze względu na pochodzenie można podzielić na barwniki naturalne, barwniki identyczne z naturalnymi i barwniki syntetyczne (Amchova i wsp. 2015, Dz. Urz. WE L 164 z 1994 r., Solymosi i wsp. 2015).

Sezonowość surowców roślinnych często prowadzi do powstawania nadwyżki owoców i warzyw, co sprzyja wdrażaniu nowych rozwiązań, związanych z ich przetwarzaniem i wykorzystywaniem. Jedną z możliwości zagospodarowania nadwyżek jest uzyskiwanie soków. Natomiast soki, w celu długiego wykorzystania, należy zageścić lub wysuszyć. Mając na uwadze powyższe aspekty, firmy rozpoczęły obecnie stosowanie barwników naturalnych otrzymywanych z soków. Soki te często oprócz substancji barwiących, jak karotenoidy, antocyjany czy chlorofile, zawierają cenne składniki aktywne w postaci witamin czy składników mineralnych (**H5**).

Jednakże zarówno aromaty, jak i barwniki w swoich naturalnych formach są nietrwałe i wrażliwe na czynniki środowiskowe jak pH, temperatura, obecność światła, wody czy obecność enzymów (**H3, H4, H6**), co skutkuje utratą aktywnych substancji odpowiedzialnych za zapach i/lub barwę. Aby temu zapobiec, konieczne jest zapewnianie im ochrony w trakcie przechowywania, a także w czasie późniejszego ich użycia w procesie produkcji. Procesem pozwalającym na ochronę substancji, kreujących zapach oraz barwę jest mikrokapsułkowanie (**H1-H4, H6**).

Głównym celem procesu mikrokapsułkowania jest stworzenie bariery pomiędzy materiałem rdzenia (substancji aktywnej jak aromat czy barwnik) a środowiskiem. Dzięki temu materiał rdzenia jest chroniony przed czynnikami środowiskowymi, przez co produkt końcowy jest stabilny. Ponadto, w wyniku procesu mikrokapsułkowania następuje zmiana stanu skupienia z ciekłego/gazowego na stały, co ułatwia dozowanie (**H1, H2**). Najczęściej stosowaną metodą mikrokapsułkowania aromatów i barwników naturalnych jest suszenie rozpyłowe.

Szerokie zastosowanie wynika z zalet tej metody, tzn. jej elastyczności i ekonomiczności, dostępności urządzeń powszechnie stosowanych w przemyśle oraz dobrej jakości otrzymywanych produktów (**H1, H6**). Proces mikrokapsułkowania za pomocą suszenia rozpyłowego przebiega w kilku etapach. Pierwszy etap polega na dobraniu odpowiedniego nośnika, który powinien spełniać wymogi przemysłu spożywczego, a jednocześnie zapewniać ochronę i pozwalać na uzyskanie odpowiednich właściwości proszku po suszeniu (Chranioti i wsp. 2015, **H3, H6**). Chemiczne i fizyczne właściwości nośnika są kluczowym czynnikiem sukcesu procesu mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego. Idealny materiał nośnikowy powinien i) mieć dobre właściwości reologiczne, gdy jest stosowany w wysokim stężeniu; ii) tworzyć stabilne emulsje; iii) nie reagować z substancją rdzeniową podczas i po procesie suszenia rozpyłowego; iv) chronić substancję aktywną przez cały okres przydatności do spożycia; v) być rozpuszczalny w wodzie lub etanolu, dzięki czemu może być dodawany do żywności (Chranioti i wsp. 2015, Domian i wsp. 2015, **H4, H6**, Shishir i Chen 2017).

Najczęściej stosowanymi materiałami nośnikowymi do kapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego aromatów oraz barwników są maltodekstryna, guma arabska, izolat białka serwatkowego lub ich mieszaniny (Chranioti i wsp. 2015, Domian i wsp. 2015, **H1, H2, H3, H4**, Shishir i Chen 2017). Maltodekstryna (MD) to polisacharyd, którego masa cząsteczkowa i właściwości zależą od procesu hydrolizy zastosowanego w celu uzyskania jej ze skrobi. Maltodekstryna jest klasyfikowana za pomocą równoważnika dekstrozowego (DE), który mierzy zawartość cukrów redukujących obecnych w substancji w stosunku do dekstrozy. Duże wartości równoważnika DE prowadzą do wysokiego poziomu słodczy, rozpuszczalności i higroskopijności, ale także do uzyskania niskiej lepkości i wartości temperatury przejścia szklistego T_g (od 180 do 120°C) (Roos i Karel 1991). Największą wadą maltodekstryny jest brak właściwości emulgujących (Zał. 4 punkt **A6**, Shishir i Chen 2017). Guma arabska (GA) jest szczególnie korzystna ze względu na niską lepkość jej wodnych roztworów i zdolność do tworzenia bardzo stabilnych emulsji, co ułatwia kapsułkowanie substancji o różnych właściwościach (Özkan i Ersus 2014, Shishir i Chen 2017). Ponadto, GA zapewnia dobrą skuteczność mikrokapsułkowania naturalnych barwników pochodzących z soków (Mahdavi i wsp. 2014). Izolat białka serwatkowego (WPI) charakteryzuje się białkami globularnymi, nierozpuszczalnymi w mleku w punkcie izoelektrycznym (około 5), ale rozpuszczalnymi w niskim pH. Denaturacja białka zachodzi w wysokiej temperaturze i wilgotności, tak że trudno jest przewidzieć stabilność izolatu białka serwatkowego w procesie suszenia rozpyłowego (Kandansamy i Somasundaram 2012). Najczęstszym wyborem jest zastosowanie mieszanin nośników, ponieważ każdy pojedynczo stosowany materiał nośnika nie spełnia wszystkich wymogów. Na przykład, połączenie gumy arabskiej z maltodekstryną lub innymi nośnikami daje lepszą skuteczność procesu mikrokapsułkowania w porównaniu do stosowania pojedynczo tych nośników (Fazaeli i wsp. 2012).

Po doborze nośnika, przygotowaniu roztworu nośnik-substancja aktywna (aromat lub barwnik) drugim etapem jest jego rozpylenie w komorze suszarni. Rozpylenie prowadzi do zwiększenia powierzchni pomiędzy roztworem a czynnikiem suszącym co przyspiesza wymianę masy i ciepła. W czasie kilku milisekund od rozpylenia roztworu ustala się równowaga. Szybkość parowania rozpuszczalnika z powierzchni kropli jest stała. Kolejny etap

powoduje zmianę wielkości kropli. Częsteczki substancji nośnikowej wytrącają się, co powoduje wzrost stężenia substancji nośnika i jego zestalanie. Czasem zestalania się oraz uzyskiwanymi wielkościami cząstek można sterować, poprzez odpowiedni dobór temperatury powietrza wlotowego, prędkości podawania roztworu do dysku oraz stężeniem substancji nośnikowej w roztworze. Na etapie suszenia resztki rozpuszczalnika dyfundują ze środka przez ściankę do powierzchni, odparowują poprzez pory w ściance powodując dalsze odkładanie się warstwy nośnika, w wyniku czego następuje kurczenie się cząstek proszku oraz w zależności od zastosowanego nośnika obserwowane jest uzyskiwanie porowatości powierzchniowych warstw ścianki. Wysuszony proszek trafia następnie do cyklonu w celu rozdziału od powietrza wylotowego (**H6**).

W przypadku suszenia rozpyłowego aromatów utrata związków aromatycznych jest wynikiem dyfuzji molekularnej, która zachodzi podczas formowania się ścianki kapsułki i trwa aż do momentu zestalania się powłoki, dlatego dobór rodzaju i ilości dodawanego nośnika jest tu kluczowy. W przypadku mikrokapsułkowania barwników, pochodzących z soków warzywnych lub owocowych, należy zwrócić uwagę na obecność cukrów o niskiej masie cząsteczkowej (takich jak glukoza $T_g=32^\circ\text{C}$ lub fruktoza $T_g=5^\circ\text{C}$). Cukry te w wyniku działania temperatury wyższej niż T_g mogą w trakcie suszenia przylegać do ścianek komory suszarki rozpyłowej, zmniejszając uzysk proszku oraz utrudniając sam proces suszenia. Zjawisko to jest związane z temperaturą przejścia szklistego (T_g), która dla cukrów prostych jest stosunkowo niska. Stąd, podobnie jak w przypadku mikrokapsułkowania aromatów, konieczność dodawania nośnika do soków przed procesem suszenia (Fazaeli i wsp. 2012, **H3**, **H4**, Samborska i wsp. 2015, Shishir i Chen 2017).

Podstawowymi parametrami procesowymi, które wpływają na przebieg suszenia, właściwości fizyczne uzyskanego proszku oraz efektywność procesu są zatem: temperatura powietrza suszącego, prędkość obrotowa dysku rozpylającego oraz prędkość podawania roztworu do dysku. Jednocześnie, właściwości uzyskiwanych mikrokapsulek oraz efektywność procesu kreuje także rodzaj użytego nośnika oraz jego proporcje zarówno w stosunku do innych nośników, jak i w stosunku do ilości dodawanego aromatu czy barwnika.

W ramach pracy naukowej po doktoracie kontynuowałam badania, związane z mikrokapsułkowaniem aromatów, poszerzając zainteresowania o zagadnienia dotyczące ochrony barwników naturalnych. Wpływ parametrów suszenia rozpyłowego na efektywność procesu oraz jakość uzyskiwanych cząstek proszków był także przedmiotem badań w projekcie, którego byłam kierownikiem, oraz podczas pobytu na stypendium wyjazdowym w Uniwersytecie Bolońskim we Włoszech. Badania te w pewnych obszarach zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym stanowią mój wkład w rozwój dyscypliny naukowej i poszerzają wiedzę z zakresu mikrokapsułkowania barwników i aromatów.

4.3.1. Cel naukowy

Celem naukowym Osiągnięcia, będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 ze zm. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1530), było:

Uzyskanie barwiących lub aromatyzujących proszków o możliwie jak największej zawartości substancji aktywnej (aromat, barwnik) i korzystnych właściwościach fizycznych (niska zawartość wody, niska aktywność wody, wysoka temperatura przejścia szklistego, niska higroskopijność) poprzez odpowiednie dobranie parametrów suszenia, rodzaju nośnika oraz substancji aktywnej w procesie mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego.

Cykl publikacji, stanowiący osiągnięcie naukowe, obejmuje wyniki badań dotyczących:

- wpływu rodzaju substancji aktywnej na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje **H1**; **H3**, **H4**)
- wpływu rodzaju i ilości zastosowanego nośnika na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje **H1**, **H3**, **H4**);
- wpływu parametrów procesu suszenia rozpyłowego na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje **H2**, **H3**);

Ponadto, w cyklu publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe, uwzględniono opis poszczególnych grup barwników oraz regulacje prawne dotyczące ich stosowania w przemyśle spożywczym, (publikacja **H5**), a także syntetyczne podsumowanie wiedzy dotyczącej mikrokapsułkowania barwnika (β -karotenu) metodą suszenia rozpyłowego oraz mikronizacji (publikacja **H6**).

4.3.2. Metodyka – skrócona charakterystyka

Surowiec do badań stanowiły:

1. Przemysłowy aromat wanilinowy na bazie olejowej udostępniony przez firmę „Karatex” Sp. z o. o. (Warszawa, Polska) (publikacja **H1**);
2. Otrzymany przemysłowo sok z buraka ćwikłowego firmy SVZ Poland Sp. Z o.o. (Tomaszów lubelski, Polska) (publikacja **H2**, **H3**);
3. Uzyskany w ramach zadania badawczego wytłoczony sok z marchwi pomarańczowej (publikacja **H4**).

Suszenie rozpyłowe roztworów przeprowadzono w laboratoryjnej suszarce ANHYDRO Lab S1 (Dania). Przebieg suszenia kontrolowany był wysokością temperatury powietrza wlotowego i wylotowego oraz prędkością podawania roztworu do dysku. Wydajność procesu

była kontrolowana ilością uzyskanego proszku (dane nieopublikowane) oraz efektywnością procesu mikrokapsułkowania.

W roztworach przed procesem suszenia określano zawartość substancji rozpuszczonej metodą refraktometryczną przy użyciu refraktometru firmy Atago, (Japonia) oraz lepkość na wiskozymetrze Brookfielda (USA) lub reometrze firmy Haake (Niemcy).

W proszkach zawartość suchej substancji oznaczono metoda suszarkową w suszarce komorowej (Polska), a aktywność wody w aparacie Rotronic Hygroskop DT (Szwajcaria). Gęstość pozorną cząstek oznaczano za pomocą piknometru helowego Stereopycnometer Quantachrome (USA). Barwę proszków oznaczano w systemie CIE Lab przy wykorzystaniu chromometru Minolta Konica (USA). Morfologię cząstek charakteryzowano na podstawie zdjęć wykonanych z użyciem mikroskopu skaningowego TM3000 Hitachi, FEI QUANTA 200 (Japonia). Analizę rozkładu wielkości cząstek przeprowadzono w oparciu o komputerowa analizę obrazu oprogramowaniem Multiscan 18.2 (Polska) lub określono metodą dyfrakcji laserowej w urządzeniu Particle Size 1190 firmy Cilas (Francja). Higroskopijność badanych proszków określano na podstawie przyrostu masy próbek przetrzymywanych w środowisku o zróżnicowanej wilgotności względnej. Temperaturę przejścia szklistego wyznaczono w różnicowym kalorymtrze skaningowym DSC Pyris 6, Perkin Elmer (USA).

Oznaczanie zawartości aromatów wykonywano przy użyciu chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem mas GC-MS QP 2010 firmy Shimadzu (Japonia). Zawartość betalain oraz karotenoidów wyznaczano metodą spektrofotometryczną.

Efektywność mikrokapsułkowania była określana na podstawie stosunku ilości barwnika/aromatu zamkniętego w proszku do jego zawartości w roztworze poddawanym suszeniu rozpyłowemu.

4.4. Wpływ rodzaju substancji aktywnej na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H1, H3, H4)

W celu zachowania unikatowej kompozycji i wszystkich składników substancji aktywnej (aromat, barwnik) zastosowano proces mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego. Na podstawie wcześniejszych badań, dotyczących mikrokapsułkowania aromatów rozmarynowego i cytrynowego, prowadzonych w ramach pracy doktorskiej, podjęto próbę określenia wpływu rodzaju zamykanej substancji aktywnej na właściwości fizyczne oraz efektywność procesu. Do badań wybrano:

1. Handlowy aromat wanilinowy udostępniony przez firmę „Karatex” Sp. z o. o. (Warszawa, Polska) (publikacja **H1**);
2. Otrzymany przemysłowo sok z buraka ćwikłowego firmy SVZ Poland Sp. Z o.o. (Tomaszów Lubelski, Polska) (publikacja **H3**);
3. Uzyskany w ramach zadania badawczego wytłoczony sok z marchwi pomarańczowej (publikacja **H4**).

Zastosowano następujące stałe parametry procesu suszenia rozpyłowego:

- temperatura powietrza wlotowego 160°C,
- prędkość obrotowa dysku rozpylającego 39000 obr./min,
- strumień podawania roztworu do dysku uzależniony była od lepkości roztworów i wynosił $0,4 \cdot 10^{-6}$ lub $0,8 \cdot 10^{-6}$ m³/s.

W celu skorelowania i porównania w późniejszym etapie uzyskiwanych wyników, zastosowano mieszaninę dwóch nośników, odpowiednich dla suszonego produktu i jego właściwości – maltodekstrynę niskoscukrzoną o DE=10 oraz gumę arabską. W tym celu przeprowadzono badania wstępne, które pozwoliły na zastosowanie następujących proporcji:

- w przypadku aromatu wanilinowego przygotowywano roztwory mieszaniny maltodekstryny (MD) i gumy arabskiej (GA) - aromat o stężeniu nośników 20% (m/m), dodatek aromatu wynosił 21,7% (m/m) w stosunku do całkowitej zawartości suchej substancji w roztworze. Wyższy dodatek aromatu powodował znaczną jego utratę podczas procesu suszenia rozpyłowego - zaobserwowano większą zawartość aromatu na powierzchni kapsulek niż wewnątrz (Zał. 4 punkt **D8**). Udział gumy arabskiej do maltodekstryny wynosił 1:9 (11% w całości udziału nośników) (**H1**).

- w przypadku mikrokapsułkowania handlowego soku z buraka ćwikłowego zastosowano mieszaninę nośników MD:GA=1:1. Stosunek substancji rozpuszczonej w soku do ilości nośnika wynosił 1:1 (m/m). Stężenie substancji stałej w roztworach po dodaniu nośników przed suszeniem wynosiło 25% (**H3**).

- w przypadku mikrokapsułkowania wytłoczonego soku z marchwi pomarańczowej zastosowano mieszaninę nośników MD:GA=1:1. Stosunek substancji rozpuszczonej w soku do ilości nośnika wynosił 1:1 (m/m). Stężenie substancji stałej w roztworach po dodaniu nośników przed suszeniem wynosiło 20% (**H4**).

W przypadku aromatów na bazie olejowej stabilność roztworów jest niezbędna w procesie suszenia rozpyłowego, aby zapewnić jednorodność emulsji w czasie przechowywania jej przed procesem suszenia oraz w trakcie jego trwania (**H1**). Stabilność emulsji jest związana z jej lepkością, która powinna być dobierana każdorazowo przy uwzględnieniu rodzaju urządzenia rozpylającego i właściwości emulsji. Stabilność emulsji można poprawić poprzez wytworzenie emulsji o jednakowych i małych kroplach fazy rozproszonej, co ma wpływ na właściwości uzyskiwanych proszków oraz zawartość składników aktywnych wewnątrz kapsulek (Jafari i wsp. 2007, Zał. 4 punkt **D12**). Stabilność i właściwości roztworów/emulsji poddawanych procesowi mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego mają kluczowy wpływ na późniejsze właściwości uzyskiwanych mikrokapsulek oraz efektywność procesu.

Roztwory na bazie nośników i soku z buraka oraz nośników i aromatu wanilinowego były płynami niutonowskimi, dzięki czemu w trakcie procesu suszenia rozpyłowego lepkość nie ulegała zmianie i nie powodowała dyfuzji kropli olejku aromatycznego/substancji barwnej w kierunku powierzchni suszonych cząstek, co może zmniejszać efektywność procesu mikrokapsułkowania. Lepkość 25% roztworów na bazie soku z buraka z nośnikiem wynosiła 7,5 mPa·s (**H3**) z kolei dla 20% roztworów aromatu wanilinowego z nośnikami 3,7 mPa·s (**H1**).

Inaczej kształtował się profil lepkości w przypadku 20% mieszaniny soku z marchwi pomarańczowej z nośnikami. Roztwory te zachowywały się w trakcie badania jak płyny

rozrzedzane ścinaniem, co może powodować zmiany podczas tłoczenia roztworu do dysku oraz jego późniejszego rozpylania. Ze względu na charakter samego soku, zaliczanego do soków przecierowych a nie klarownych, jak sok z buraka ćwikłowego, obserwowano wyższe wartości lepkości (99 mPa·s przy prędkości ścinania 100 obr/s) (**H4**).

Niezależnie od rodzaju substancji zamykanej (aromat/barwnik z soku) oraz stężenia całkowitego w roztworze, otrzymano zbliżone wartości gęstości roztworów poddawanych procesowi suszenia (1060-1100 kg/m³) (**H1, H3, H4**).

Analizując dane, dotyczące zawartości suchej substancji w uzyskanych mikrokapsułkach aromatu wanilinowego (97,5%), betalain z soku burak ćwikłowego (95,6%) oraz karotenoidów z soku z marchwi pomarańczowej(98,9%), można zauważyć, iż każdorazowo suszenie w tych samych warunkach spowodowało, niezależnie od rodzaju zamykanej substancji aktywnej oraz proporcji nośników w mieszaninie, uzyskanie proszków o zbliżonej zawartości suchej substancji. Duże zawartości suchej substancji świadczą o dobrym wysuszeniu produktu i wraz z niską aktywnością wody w proszkach (a_w mikrokapsulek aromatu wanilinowego poniżej 0,3 – dane nieopublikowane, mikrokapsulek soku z buraka poniżej 0,2 - dane nieopublikowane oraz z marchwi poniżej wartości 0,26 – **H4**) gwarantują stabilność microbiologiczną, przy odpowiednio dobranych warunkach przechowywania.

Odpowiednie warunki przechowalnicze można określić uwzględniając właściwości proszków jakimi są zdolność do pochłaniania wody ze środowiska (właściwości higroskopijne) oraz temperatura przejścia szklistego. Niezależnie od rodzaju użytego soku, temperatura przechowywania nie powinna być wyższa niż 20-25°C, co jest związane z wartością temperatury przejścia szklistego T_g na poziomie 27°C w przypadku proszków z soku buraczanego (dane nieopublikowane) oraz 43°C proszków soku z marchwi (**H4**). W związku z powyższym, a także uwzględniając wyniki analizy higroskopijności badanych proszków, zalecana wilgotność względna otoczenia to poniżej 44% dla mikrokapsułkowanych soków warzywnych (**H3, H4**). Higroskopijność mikrokapsulek aromatu wanilinowego nie była oznaczana. Jednakże z obserwacji poczynionych w trakcie ich przechowywania można stwierdzić, iż podobne warunki przechowywania tych proszków byłyby odpowiednie.

Analizując kształt oraz wielkość cząstek mikrokapsulek, nie zaobserwowano zmian w morfologii cząstek, niezależnie od zamykanej substancji. Uzyskane cząstki miały kształt kulisty, co potwierdziły dodatkowo wyliczenia współczynnika kształtu (**H1**). W strukturze mikrokapsulek wyraźnie dało się zaobserwować dwa rodzaje cząstek: mniejsze, ale o gładkiej strukturze lub większe pofałdowane, bez pęknięć (**H1, H3, H4**).

Wielkość cząstek proszku zwiększała się wraz ze wzrostem lepkości i gęstości suszonej emulsji. Im wyższa była lepkość, tym większe krople powstawały podczas rozpylania, co może prowadzić do uzyskania większych cząstek proszków (**H1, H3, H4**). Na wielkość cząstek wpływają także właściwości substancji nośnikowej. Maltodekstryna, jako materiał typu „skin-forming”, tworzy podczas suszenia rozpyłowego półprzepuszczalną warstwę, co prowadzi do uzyskania cząstek proszku o mniejszej gęstości pozornej. W przypadku mikrokapsulek aromatu wanilinowego uzyskane wyniki potwierdziły, że im większy był udział maltodekstryny w emulsji, tym mniejsza była gęstość pozorna cząstek proszków (**H1**). Jednocześnie zaobserwowano, iż rodzaj substancji poddawanej procesowi

mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego ma wpływ także na wielkość uzyskiwanych cząstek. Roztwory na bazie mieszaniny nośników z sokiem marchwiowym charakteryzowały się innymi właściwościami reologicznymi w porównaniu do właściwości roztworów z aromatem wanilinowym oraz sokiem z buraka ćwikłowego (dużo wyższa lepkość i inny charakter uzyskanego roztworu).

Analizując wyniki badań, można zaobserwować znaczący wpływ rodzaju zamykanej substancji aktywnej jedynie na wielkość uzyskanych mikrokapsulek. Pozostałe badane parametry proszków były na zbliżonym poziomie. Można więc stwierdzić, że właściwości fizyczne proszków zależą przede wszystkim od składu i charakterystyki substancji nośnikowych. W związku z tym, na podstawie wartości tych właściwości możliwe jest przewidywanie warunków przechowalniczych proszków, niezależnie od zastosowanej substancji aktywnej.

W zadanych warunkach suszenia rozpyłowego wykazano, iż efektywność procesu znacząco się różniła w zależności od rodzaju zamykanej substancji. W przypadku aromatu wanilinowego efektywność tego procesu była na poziomie 75% (**H1**), soku z marchwi pomarańczowej na poziomie 54% (**H4**), z kolei dla soku z buraka ćwikłowego wyniosła jedynie ok. 30% (dane nieopublikowane).

Jednakże, wysoka zawartość poszczególnych związków aromatycznych, składających się na aromat wanilinowy, lub barwników w mikrokapsułkowanych proszkach na bazie soków warzywnych daje podstawy do dalszych badań.

4.5. Wpływ rodzaju i ilości zastosowanego nośnika na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H1, H2, H3, H4)

Wychodząc naprzeciw wymaganiom rynku, dotyczącym możliwie małej ilości nośnika ogółem oraz procentowego udziału gumy arabskiej, w dalszych badaniach podjęto próbę dobrania najbardziej optymalnego składu i rodzaju substancji nośnikowych.

W tym celu obniżono dodatek substancji nośnika do roztworów. W przypadku aromatu wanilinowego obniżenie udziału procentowego nośnika poniżej 20% powodowało znaczne zmniejszenie ilości i jakości zamykanych związków aromatycznych, głównie waniliny (dane nieopublikowane) oraz bardzo niski uzysk samego proszku. W związku z powyższym, w przypadku aromatu wanilinowego zwiększono udział procentowy samych nośników w roztworze do 30% oraz jednocześnie, ze względu na cenę, charakterystyczny posmak oraz gorsze właściwości rozpuszczające gumy arabskiej, podjęto próbę zmniejszenia jej udziału w mieszaninie nośników do 7% (**H1**).

W przypadku mikrokapsułkowania soków warzywnych podjęto próbę obniżenia zawartości substancji nośnikowej do 5%, jednakże dodatek ten powodował każdorazowo, niezależnie od temperatury procesu i rodzaju nośnika, powstawanie lepkiego proszku w większości przylegającego do ścian suszarki rozpyłowej, co było związane z temperaturą przejścia szklistego cukrów prostych, znajdujących się w składzie soku. Nieznacznym wzrost

procentowej zawartości substancji nośnikowej powyżej 5% powodował powstawanie pylistego, bardzo higroskopijnego proszku (wyniki nieopublikowane). W związku z powyższym podjęto decyzję o zastosowaniu dodatku w proporcji 1:1 (sucha substancja w soku : sucha substancja nośników) (**H3**).

W wyniku zastosowania tej zależności uzyskano 25-procentowe (**H3**) i 30-procentowe (**H2**) roztwory soku z buraka ćwikłowego z nośnikami oraz 20-procentowe roztwory marchwi pomarańczowej z nośnikami (**H4**). Do soków z buraka ćwikłowego użyto jako nośników maltodekstryny oraz jej mieszaniny z gumą rabską w stosunku 1:1. Dla porównania przeprowadzono także doświadczenia z samą gumą arabską. Nowatorskim podejściem w przygotowywaniu roztworów było zastosowanie do soków marchwiowych, oprócz samej maltodekstryny oraz gumy arabskiej, dodatku mieszaniny nośników MD:GA, w różnych proporcjach 1:1, 2:1 oraz 3:1, w celu obniżenia zawartości gumy arabskiej. Jako alternatywy dla najbardziej popularnych nośników, jakimi są maltodekstryna i jej mieszaniny, zastosowano także izolat białek serwatkowych (WPI).

W celu doboru najbardziej optymalnego nośnika dla każdej substancji aktywnej, przeanalizowano właściwości roztworów oraz zwrócono uwagę na właściwości proszków związane z ich przechowywaniem (zawartość i aktywność wody, temperatura przejścia szklistego, właściwości sorpcyjne). Jednakże, najważniejszą cechą uzyskanych proszków, decydującą o ich późniejszym zastosowaniu była zawartość składnika aktywnego.

Analiza parametrów, charakteryzujących właściwości fizyczne emulsji aromatu wanilinowego oraz roztworów soku z buraka ćwikłowego, wykazała, iż były to płyny niutonowskie, niezależnie od stężenia nośników oraz udziału gumy arabskiej. Ich lepkość rosła wraz ze wzrostem stężenia i udziału gumy arabskiej (**H1**, **H2**, **H3**).

Z kolei roztwory z sokiem marchwiowym, niezależnie od rodzaju zastosowanego nośnika, wykazywały charakter cieczy rozrzedzanej ścinaniem, opisaną modelem Ostwalda-de Waele. Taka zależność jest typowa dla materiałów wielofazowych, takich jak tłoczone soki warzywne, na które składają się w roztworze wodnym także cząstki fazy nierozpuszczonej (Augusto i wsp. 2012). Hipoteza, która może wyjaśnić zachowanie cieczy pseudoplastycznej, zakłada, że zwiększająca się szybkość ścinania powoduje stopniowe porządkowanie cząstek asymetrycznych. W ten sposób mikrostruktura płynu, powstająca w wyniku interakcji cząstka-cząstka, ulega rozkładowi w warunkach ścinania. Pozorna lepkość zaczyna maleć wraz ze wzrostem szybkości ścinania do momentu, aż cząsteczki zaczną zachowywać się jak ciała stałe (Muthukumarappan i wsp. 2016). W związku z tym, niezwykle ważnym etapem w mikrokapsułkowaniu soku z marchwi pomarańczowej było dobranie odpowiedniego nośnika. Zmiana rodzaju nośnika z MD na GA i ich mieszaniny spowodowała istotny wzrost wartości lepkości pozornej uzyskanych roztworów. Z kolei dodatek izolatu białka serwatkowego nieznacznie podwyższył lepkość roztworu w porównaniu do lepkości samego soku (**H4**).

Analiza proszków wykazała, iż niezależnie od rodzaju użytego nośnika oraz jego stężenia w roztworze, w przypadku każdej z badanych substancji aktywnych otrzymano zbliżone wartości gęstości roztworów poddawanych procesowi suszenia (1070-1100 kg/m³), co

pozwoiliło na wysnucie wniosku o zależności gęstości roztworów jedynie od zawartości suchej substancji w roztworze (**H1**, **H2-H3**, **H4**).

Zaobserwowano, iż zmiana stężenia nośnika w przypadku mikrokapsułowanych soków z buraka ćwikłowego nie spowodowała istotnych zmian wartości zawartości wody, średniej średnicy cząstek proszków oraz morfologii cząstek. Zmiana rodzaju nośnika z maltodekstryny na gumę arabską i ich mieszaninę spowodowała istotne statystycznie obniżenie zawartości suchej substancji i średniej średnicy cząstek (**H2**, **H3**). Inne obserwacje poczyniono w przypadku proszków aromatu wanilinowego. Zmiana stężenia nośnika z 20 do 30% spowodowała istotne zmniejszenie gęstości pozornej i współczynnika kształtu cząstek oraz porowatości złoża proszków, a zwiększenie zawartości wody i średniej średnicy cząstek. W proszkach otrzymanych z 30-procentowych roztworów z mniejszą zawartością gumy arabskiej (7%) uzyskano mniejsze cząstki proszków oraz niższą zawartość wody w porównaniu z proszkami uzyskanymi z 30-procentowych roztworów zawierających większą ilość gumy arabskiej (11%). Większa zawartość nośnika w emulsji sprzyjała powstawaniu grubszej ścianki, co było także związane z wyższą lepkością oraz większą zawartością wody (**H1**).

Zwiększenie udziału gumy arabskiej w zakresie od 0 do 100% w proszkach uzyskanych z soku z marchwi pomarańczowej spowodowało nieznaczny, aczkolwiek statystycznie istotny, wzrost zawartości suchej substancji w proszku (z 98 do 99%), zmniejszenie wartości aktywności wody (z 0,25 do 0,22) oraz wzrost średniej średnicy cząstek (z 28 do 32 μm). Nie zaobserwowano statystycznie istotnych zmian w wysokości temperatury przejścia szklistego (42,7-45,9°C). Jednakże, zmiana rodzaju nośnika na izolat białka spowodowała uzyskanie proszków o dużo większych cząstkach i znacząco niższej temperaturze przejścia szklistego (35°C) przy zbliżonej zawartości suchej substancji (99%) i aktywności wody (0,23). Mogło to być związane z właściwościami samego nośnika (**H4**).

Analizując kształt mikrokapsulek, nie zaobserwowano zmian w morfologii uzyskiwanych cząstek, niezależnie od rodzaju substancji zamykanej. Uzyskane cząstki charakteryzowały się w większości kształtem kulistym, co potwierdziły dodatkowo wyliczenia współczynnika kształtu (**H1**, **H2**). Wyjątek stanowiły proszki uzyskane na bazie izolatu białka serwatkowego z sokiem marchwiowym. W strukturze tych mikrokapsulek wyraźnie dało się zaobserwować usieciowaną strukturę wewnętrzną, cząstki były duże i porozrywane (**H4**). Taką strukturę obserwowano także w przypadku suszonych rozpyłowo białek (Załącznik 4 punkt **D14**, Walton i Mumford 2000).

Podsumowując wpływ rodzaju i ilości nośnika na właściwości fizyczne proszków, zaobserwowano, iż najpopularniejsze nośniki, stosowane pojedynczo lub w mieszaninie o różnych proporcjach, nieznacznie wpływają na badane właściwości fizyczne. Wszystkie proszki na bazie maltodekstryny, gumy arabskiej lub ich mieszanin charakteryzowały się dobrymi właściwościami przechowalniczymi (wysoka zawartość suchej substancji, niska aktywność wody, dość wysokie temperatury przejścia szklistego oraz zbliżone wielkości średnic cząstek proszków). Wyjątek stanowiły proszki soku z marchwi pomarańczowej na bazie izolatu białka serwatkowego, których cząstki były popękane, o usieciowanej strukturze, odmiennej od proszków uzyskiwanych na bazie maltodekstryny czy gumy arabskiej. Proszek

ten charakteryzował się także niską temperaturę przejścia szklistego, niesprzyjającą długiemu przechowywaniu w warunkach typowego otoczenia.

Zaobserwowano, iż wzrost zawartości nośnika nie wpłynął statystycznie istotnie na efektywność procesu mikrokapsułkowania aromatu wanilinowego (68-75%). Podobną zależność wykazały Janiszewska i Witrowa-Rajchert (2009 - Zał. 4 punkt **A1**) w przypadku aromatu rozmarynowego zamykanego w 25 i 30-procentowych roztworach maltodekstryny. Natomiast Fernandes i wsp. (2008), po zamknięciu aromatu pomarańczowego w roztworach mieszaniny GA i MD o stężeniu od 30 do 50%, zaobserwowali zwiększenie zawartości tego aromatu ze wzrostem zawartości nośnika w roztworze, co tłumaczyli wzrostem lepkości emulsji. Jak wynika z doświadczeń, w większości przypadków wzrost lepkości powoduje wzrost ilości zamkniętego aromatu, ale tylko do pewnego optymalnego poziomu lepkości (Flores-Martines i wsp. 2004). W przypadku wzrostu lepkości z 4 do 11 mPa·s nie zaobserwowano opisanej wyżej zależności efektywności mikrokapsułkowania od lepkości roztworów. Z kolei zmniejszenie udziału gumy arabskiej w nośniku spowodowało statystycznie istotne obniżenie ilości zamkniętego wewnątrz aromatu wanilinowego z 68 do 55% (**H1**).

Nieopublikowana szczegółowa analiza zawiązków lotnych w aromacie wanilinowym pozwoliła na wyodrębnienie: waniliny, nutę β -yononu, i octanu geranylu odpowiedzialnych za owocowo-słodką, kwasu masłowego oraz octanu etylu odpowiedzialnych za nutę masłową. Zidentyfikowano także zastosowane w aromacie nośniki substancji zapachowych – trójacetin oraz glikol propylenowy.

Podjęto także próby korelacji badanych parametrów fizycznych emulsji i proszków z efektywnością mikrokapsułkowania aromatu wanilinowego. W wyniku analizy wykazano, że najwyższa dodatnia korelacja występuje pomiędzy efektywnością mikrokapsułkowania a gęstością pozorną proszków i średnicą cząstek proszków d_{50} (**H1**).

Zwiększenie zawartości gumy arabskiej w roztworach spowodowało wzrost zawartości barwników czerwonych (betanina) oraz zmniejszenie zawartości barwników żółtych (wulgaksantyna-I) (**H3**). Nie zaobserwowano zmian zawartości barwników po okresie przechowywania. Podobne zależności uzyskali Azeredo i wsp. (2009). Jednak, degradację barwników (przechowywanych w wyższych temperaturach) zanotowali Tonon i wsp. (2010) w suszonych sokach acai, Fang i Bhandari (2011) w proszkach z soku z owoców chińskiej truskawki, Robert i wsp. (2010) w suszonym rozpyłowo soku z granatów i Saénz'a i wsp. (2009) w suszonym rozpyłowo soku z kaktusa.

Zwiększenie zawartości MD w soku z buraka ćwikłowego nie spowodował znaczących różnic w ilości barwników czerwonych i żółtych (**H2**, **H3**). Efektywność procesu wynosiła od 27% do 35% (**H2**, dla mieszaniny i GA dane nieopublikowane). Wzrost zawartości gumy arabskiej w roztworze spowodował zwiększenie efektywności procesu.

Mikrokapsułki soku z marchwi pomarańczowejoparte na WPI wykazały najwyższą zawartość betakarotenu (573 mg/kg s.s.), w porównaniu do uzyskanych na bazie MD (423 mg/kg s.s.). Wartości zawartości betakarotenu w mieszaninach MD z GA mieściły się w zakresie od 430 do 500 mg/kg s.s. Tendencja związana z ilością betakarotenu zamkniętego wewnątrz kapsułki a rodzajem nośnika była dodatkowo skorelowana z wielkością uzyskanych

cząstek, co sugeruje, iż kluczową rolę odgrywał wyższy stosunek objętości do powierzchni w przypadku cząstek o większej średnicy. Warto zauważyć, że lepkość płynu poddawanego suszeniu rozpyłowemu działać mogła jako czynnik zakłócający, ponieważ wiadomo, że wyższa lepkość przy powstawaniu półprzepuszczalnych błon, utrudniać może wewnętrzną cyrkulację substancji czynnej w suszonych kropelkach (Jafari i wsp. 2008, **H4**, Rajabi i wsp. 2015).

Efektywność procesu mikrokapsułkowania soku z marchwi pomarańczowej była zależna od rodzaju użytego nośnika, w związku z tym zaobserwowano te same tendencje jak w przypadku zawartości karotenoidów - najniższe wartości (48%) uzyskano w przypadku MD i najwyższe wartości, gdy stosowano WPI (66%) (**H4**).

Ponadto, podjęto także próbę korelacji właściwości fizycznych z zawartością składnika aktywnego. W wyniku analiz okazało się, iż w przypadku barwników z buraka ćwikłowego dobre wyniki daje korelacja ze składowymi barwy a^* i b^* i na tej podstawie istnieje możliwość prognozowania zawartości tego barwnika (**H3**).

Można stwierdzić znaczący wpływ stężenia i udziału procentowego gumy arabskiej w składzie nośników na zawartość i skład aromatów zamykanych w wyniku suszenia rozpyłowego. Podobnie, wzrost udziału GA w mieszaninie nośników spowodował wzrost efektywności procesu mikrokapsułkowania barwników zawartych w soku z buraka ćwikłowego, jednakże w zależności od rodzaju barwnika obserwowano przeciwne tendencje (barwnik czerwony - wzrost, barwnik żółty – obniżenie wartości).

W przypadku betakarotenu zawartego w soku z marchwi nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic w ilości zamykanego barwnika wraz ze wzrostem udziału GA. W przypadku tego barwnika istotne zmiany zaobserwowano przy zmianie rodzaju nośnika na izolat białek serwatkowych. Jednakże, w wyniku dalszych obserwacji wykazano, iż barwnik zamknięty w WPI najszybciej ulegał degradacji (dane nieopublikowane).

Moje zainteresowania, dotyczące wpływu rodzaju nośnika na zawartość składników aktywnych i właściwości proszków, poszerzyłam również o badania mikrokapsułkowania soku z aronii, a opracowane wyniki są obecnie w recenzji w dwóch czasopismach „International Agrophysics” oraz „Journal of Food Science and Technology”.

4.6. Wpływ parametrów procesu suszenia rozpyłowego na właściwości fizyczne uzyskanych mikrokapsułkowanych proszków spożywczych, zawartość składnika aktywnego w mikrokapsułkach lub efektywność procesu mikrokapsułkowania (publikacje H2, H3)

Analizując otrzymane wyniki, stwierdzono uzyskanie zadowalających wartości efektywności mikrokapsułkowania aromatu wanilinowego oraz barwników z soku marchwiowego. Jednakże, wyniki dotyczące mikrokapsułkowania barwnika z buraka ćwikłowego nie były satysfakcjonujące. W związku z tym, kolejnym etapem badawczym była zmiana parametrów prowadzenia samego procesu suszenia rozpyłowego.

Badania rozpoczęto od określenia wpływu prędkości podawania roztworu do dysku, przy zachowaniu temperatury powietrza wlotowego na poziomie 160°C oraz prędkości dysku

39000 obr./min. W tym celu przygotowano 25-procentowe roztwory wybranych nośników (MD, GA, i ich mieszanin MD:GA=1:1) (**H3**).

Stwierdzono iż wzrost prędkości podawania roztworu do dysku, niezależnie od rodzaju nośnika, spowodował obniżenie zawartości suchej substancji w proszku. Jest to związane z tworzeniem większych kropeł przy rozpylaniu, a co za tym idzie większej ilości wody do odparowania w tej samej jednostce czasu. W związku z tym, więcej wody zostaje uwięzione w zestalającym się w trakcie suszenia nośniku (**H2**, Fazaeli i wsp. 2012). Nie zaobserwowano wpływu prędkości podawania na wielkość uzyskiwanych cząstek oraz ich morfologię a także parametry barwy (L^* , a^* , b^*). Nieznacznie uległa zmniejszeniu zdolność pochłaniania wody wraz ze wzrostem prędkości podawania, co było związane z zawartością wody w cząstkach proszku. Większa zawartość wody powoduje obniżenie zdolności pochłaniania, gdyż zmniejsza się siła napędowa procesu adsorpcji.

Wzrost strumienia surowca z 0,3 na $0,8 \cdot 10^{-6}$ m³/s spowodował obniżenie zawartości barwników czerwonego i żółtego. Jednak wyjątkiem były proszki na bazie maltodekstyny, w przypadku których nie zaobserwowano statystycznie istotnych zmian.

W artykule **H3** wykazano, iż stosując 25-procentowy roztwór, uzyskano średnie zawartości barwnika czerwonego, jednak najwyższe barwnika żółtego. W nawiązaniu do tego, w kolejnym etapie badawczym zdecydowano o wykorzystaniu jedynie maltodekstyny jako nośnika. W tym celu przygotowano roztwory o stężeniu 30% (stosunek nośnika MD do suchej substancji w soku 1:1). Ponadto, w celu ochrony składników aktywnych w postaci barwników czerwonych i żółtych obniżono według zaleceń literaturowych (**H6**) temperatury wlotowe powietrza do 140 oraz 120°C, zachowano prędkość obrotową dysku na poziomie 39000 obr./min oraz sprawdzono i w tym przypadku wpływ prędkości podawania roztworów do dysku (**H2**).

Zmiana temperatury powietrza wlotowego ze 120 na 160°C skutkowała obniżeniem gęstości pozornej (**H2**). Wzrost temperatury i szybkości przepływu roztworu powodował zwiększenie średnicy mikrokapsulek soku z buraków. Mogło to być spowodowane szybszym tworzeniem się mikrokapsulek w wyższej temperaturze, co było związane z szybszym parowaniem wody. Wszystkie proszki, niezależnie od parametrów suszenia, charakteryzowały się kulistym kształtem.

Zmiana strumienia surowca z 0,3 do 0,8 cm³/s spowodowała obniżenie zawartości barwnika czerwonego i żółtego w większości proszków. Wyjątkiem były proszki na bazie maltodekstyny jako nośnika, w przypadku których nie zaobserwowano znaczących zmian w zawartości barwników.

Stwierdzono istotny, ujemny wpływ temperatury powietrza na zawartość czerwonych i żółtych barwników buraka. Nie zaobserwowano wyraźnej tendencji między zwiększaniem szybkości przepływu roztworu a zawartością czerwonego barwnika - betaniny. W przypadku zawartości żółtego barwnika wulgaksantyny-I stwierdzono tendencję wzrostową wraz ze zwiększaniem szybkości przepływu roztworu. Jednak wzrost ten był statystycznie istotny tylko w temperaturze powietrza wlotowego 160°C.

Efektywność procesu uległa poprawie w wyniku obniżenia temperatury powietrza wlotowego, jednak nie przekroczyła 30%.

W wyniku analiz wpływu temperatury powietrza wlotowego na właściwości proszków, zawartość betalainy oraz efektywność procesu można stwierdzić, iż do procesu mikrokapsułkowania barwników metodą suszenia rozpyłowego powinna być zalecana niższa temperatura powietrza wlotowego, jak np. 120-140°C. Niezależnie od zastosowanej temperatury powietrza wlotowego, uzyskane proszki charakteryzują się zbliżonymi wartościami parametrów fizycznych (wielkość cząstek, porowatość łoża, gęstość pozorna cząstek i zawartość suchej substancji), jednak zastosowanie niższych temperatur prowadzi do wzrostu zawartości substancji aktywnej.

Dalsze badania nad procesem mikrokapsułkowania barwników z soków warzywnych wymagają każdorazowo dostosowania zarówno parametrów procesowych, jak i rodzaju i ilości używanego nośnika do rodzaju soku.

Wpływ temperatury powietrza wlotowego na zawartość składników aktywnych i właściwości fizyczne proszków poszerzyłam także o badania mikrokapsułkowania soku z aronii, a opracowane wyniki są obecnie w recenzji w czasopiśmie „Journal of Food Science and Technology”.

4.7. Nowe rozwiązania w procesach mikrokapsułkowania barwników (publikacje H5, H6)

W przypadku mikrokapsułkowania soków warzywnych metodą suszenia rozpyłowego potwierdzono dobrą skuteczność zamykania w przypadku aromatu wanilinowego oraz karotenoidów. Niezadowalająca efektywność procesu w przypadku barwników z buraka ćwikłowego świadczy o konieczności dalszego poszukiwania odpowiednich sposobów ochrony barwników naturalnych pochodzących z soków warzywnych. Ponadto istotny jest aspekt prawny użycia konkretnych nośników, dedykowanych w procesach mikropaksułkowania (**H5**). Wykazano, iż nie tylko sam proces mikrokapsułkowania wymaga charakterystyki, ale kluczowe jest, w aspekcie dalszych badań i zastosowań, dobre poznanie samego materiału, jakim są barwniki. Podział barwników oraz ich przynależność do poszczególnych grup związków może mieć wpływ na dobór metody mikrokapsułkowania (**H5, H6**).

W trakcie poszukiwań alternatywnych metod ochrony barwników naturalnych zwrócono uwagę na nowe rozwiązania, będące jeszcze w fazie badań. Do takich nowatorskich rozwiązań zaliczyć można mikronizację w warunkach nadkrytycznych, w której, w zależności od zastosowanego rozpuszczalnika, może podlegać mikronizacji jedynie konkretny rodzaj substancji barwnych (**H6**).

Mikronizacja nadkrytyczna jest procesem wykorzystującym rozpuszczalnik w stanie nadkrytycznym do zamknięcia substancji aktywnych w osłonkach. Głównym celem tego procesu jest zamiana stanu ciekłego w stały, co zapewnia ochronę zamkniętych związków przed negatywnym wpływem otoczenia, oraz ułatwia przechowywanie i dozowanie. Najbardziej rozpowszechnionym rozpuszczalnikiem używanym w stanie nadkrytycznym jest dwutlenek węgla (SC-CO₂). Swoją popularność zawdzięcza niskim parametrom punktu krytycznego (31,2°C, 7,38 MPa), wysokiej dyfuzyjności oraz dużej lotności, która ułatwia

jego usuwanie z produktu po procesie. Na uwagę zasługuje także brak korozyjności, niepalność, nietoksyczność tego rozpuszczalnika oraz, co ważne z punktu widzenia konsumentów, brak szkodliwego wpływu na organizm człowieka (Zał. 4 punkt **D1**, **A2**, **H6**). W procesie mikronizacji substancji aktywnych zawartych w surowcach roślinnych, jak barwniki, polifenole czy katechiny, płyny w warunkach nadkrytycznych stanowią idealny rozpuszczalnik. Nadkrytyczny CO₂ jest dobrym rozpuszczalnikiem pod niskim ciśnieniem, również dla lipofilowych związków o niskiej polarności, takich jak etery lub estry. Dlatego substancje o silnych polarnych grupach (na przykład COOH) są mniej rozpuszczalne w nadkrytycznym CO₂. Aby wspomóc rozpuszczalność tych związków, często dodaje się tzw. współ-rozpuszczalnik w postaci alkoholu etanolowego czy wody (Zał. 4 punkt **A2**, **H6**).

Przy otrzymywaniu mikrokapsułowanych barwnych substancji można stosować metodę RESS (Rapid Expansion of Supercritical Solutions), SAS (Supercritical Anti-Solvent) i jej modyfikacje (Taberero i wsp. 2012, Gutierrez i wsp. 2013). Oprócz ograniczeń rozpuszczalności, kolejnym poważnym problemem w procesach SAS i RESS jest brak kontroli nad morfologią i ilością zamkniętego materiału. Jest to związane z szybkością ekspansji podczas procesu. Alternatywą dla tego problemu są zmodyfikowane procesy SAS, takie jak rozwiązanie SEDS (solution-enhanced dispersion by supercritical carbon dioxide) lub SFEE (Supercritical Fluid Extraction of Emulsions). Mikrokapsułki otrzymane tymi metodami przyjmują kształt zbliżony do igły lub formę kulistą (**H6**, Rodríguez-Rojo i wsp. 2013).

Jednakże, do tej pory nie ma pełnych informacji na temat mechanizmu generowania cząstek w trakcie mikronizacji nadkrytycznej. Niektóre informacje są publikowane, ale bez podawania konkretnych danych i wyników, jedynie stwierdzając fakt uzyskania satysfakcjonujących cząstek. Różnorodność metod i konstrukcji aparaturowych stwarza wiele możliwości, ale także i problemów z późniejszym przeniesieniem skali procesu. Niektórzy naukowcy, stosujący metody mikronizacji nadkrytycznej, stwierdzili, że są to alternatywne rozwiązania dla mikrokapsułkowania karotenoidów metodą suszenia rozpyłowego (de Paz i wsp. 2012a i wsp., Santos i wsp. 2012 i 2013). Według części badaczy mechanizm wytwarzania cząstek nie jest jeszcze znany i potrzebne są dalsze testy (de Paz i wsp. 2012a i b). Inni wykazali, że ich wyniki można wykorzystać jako rozwiązania do przyszłego zastosowania (Boschetto i wsp. 2014, de Aguiar i wsp. 2016).

4.8. Podsumowanie i wnioski

W pracy wykazano znaczący wpływ rodzaju zamykanej substancji na efektywność procesu mikrokapsułkowania metoda suszenia rozpyłowego. Oznacza to, iż każdorazowo, w celu uzyskania możliwie największej zawartości składnika aktywnego, należy przeprowadzić badania wstępne, obejmujące zmiany temperatury powietrza wlotowego oraz stężenia i rodzaju dodawanego nośnika. Nie obserwowano wpływu rodzaju zamykanej substancji na zawartość suchej substancji, aktywność wody, gęstość pozorną oraz morfologię cząstek, co pozwala, niezależnie od rodzaju substancji aktywnej i zastosowanego nośnika, na przewidywanie optymalnych warunków przechowywania, zapewniających możliwe najdłuższy okres stabilności substancji aktywnych.

Próba maksymalnego zmniejszenia dodatku nośnika do roztworów, doprowadziła do uzyskania zróżnicowanych wyników, uzależnionych od rodzaju zamykanej substancji. W przypadku aromatu wanilinowego 30% udział nośnika okazał się najbardziej korzystny. Obniżenie udziału procentowego nośnika poniżej 20% powodowało znaczne zmniejszenie ilości i jakości zamykanych związków aromatycznych oraz bardzo niski uzysk samego proszku. Z kolei, w przypadku mikrokapsułkowania soków warzywnych zastosowano dodatek 12-15% nośnika do soku. Obniżenie zawartości substancji nośnikowej do 5% powodowało powstawanie lepkiego proszku, przylegającego do ścian suszarki rozpyłowej, co było związane z niską temperaturą przejścia szklistego węglowodanów prostych, obecnych w soku. Nieznaczny wzrost procentowej zawartości substancji nośnikowej powyżej 5% powodował powstawanie pylistego, bardzo higroskopijnego proszku (wyniki nieopublikowane). Taki dobór ilości nośnika zapewnił wysoką efektywność procesu mikrokapsułkowania aromatu wanilinowego oraz soku z marchwi pomarańczowej.

Obniżenie zawartości gumy arabskiej w roztworach spowodowało zmniejszenie efektywności procesu mikrokapsułkowania badanych substancji.

Analiza parametrów procesowych wykazała korzystny wpływ obniżenia temperatury powietrza wlotowego do 140°C, na zawartość betalain w uzyskanym proszku, bez istotnych zmian jego właściwości fizycznych.

Ponadto, uzyskana w przypadku aromatu wanilinowego liniowa korelacja między efektywnością procesu a średnią średnicą i gęstością pozorną cząstek potwierdziła zależności uzyskane wcześniej podczas badań mikrokapsułkowania aromatu rozmarynowego. Sugeruje to możliwość prognozowania ilości zamykanego aromatu na podstawie gęstości pozornej proszków i średniej średnicy cząstek. Przewidywane i potwierdzone w badaniach korelacje zawartości związków barwnych z parametrami barwy mogą sugerować możliwość przewidywania zawartości substancji barwnej w cząstkach proszków, bez konieczności przeprowadzania czasochłonnych oznaczeń zawartości barwników. Uzyskane wyniki oraz wyciągnięte wnioski są istotne i dają podstawę do szybkiej analizy zawartości składników aktywnych. Konieczne jednak są dalsze badania, uwzględniające inne rodzaje barwników (antocyjany, chlorofile itp.), aby możliwe było potwierdzenie uzyskanych korelacji i istniała możliwość ich aplikacji.

Spis literatury

1. Amchova P., Kotolova H. & Ruda-Kucerova J. (2015). Health safety issues of synthetic Food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73, 914-922.
2. Augusto, P. E., Cristianini, M., & Ibarz, A. (2012). Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 283-289.
3. Azeredo H. M. C., Pereira A. C., Rodrigues de Souza A. C., Gouveia S. T., Barbosa Mende K. C. (2009). Study on efficiency of betacyanin extraction from red beetroots. *International Journal of Food Sciences and Technology*, 44, 2464-2469.
4. Boschetto, D. L., Aranha, E. M., de Souza, A. A. U., Souza, S. M. G. U., Ferreira, S. R., Priamo, W. L., & Oliveira, J. V. (2014). Encapsulation of bixin in PHBV using SEDS technique and in vitro release evaluation. *Industrial Crops and Products*, 60, 22-29.
5. Chranioti C., Nikoloudaki A., Tzia C. (2015). Saffron and beetroot extracts encapsulated in maltodextrin, gum Arabic, modified starch and chitosan: Incorporation in a chewing gum system. *Carbohydrate polymers*, 127, 252-263.
6. de Aguiar, A. C., Silva, L. P. S., de Rezende, C. A., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2016). Encapsulation of pepper oleoresin by supercritical fluid extraction of emulsions. *The Journal of Supercritical Fluids*, 112, 37-43.
7. de Paz, E., Martín, Á., & Cocero, M. J. (2012a). Formulation of β -carotene with soybean lecithin by PGSS (Particles from Gas Saturated Solutions)-drying. *The Journal of Supercritical Fluids*, 72, 125-133.
8. de Paz, E., Martín, Á., Duarte, C. M., & Cocero, M. J. (2012b). Formulation of β -carotene with poly(ϵ -caprolactones) by PGSS process. *Powder Technology*, 217, 77-83.
9. Domian E., Brynda-Kopytowska A., Cenker J., & Świrydow E. (2015). Selected properties of microencapsulated oil powders with commercial preparations of maize OSA starch and trehalose. *Journal of Food Engineering*, 152, 72-84.

10. Dyrektywa 94/36/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30 czerwca 1994 r. w sprawie barwników używanych w środkach spożywczych (Dz. Urz. WE L 164).
11. Dziennik Ustaw z 2006 nr 171 poz. 1225 Rozporządzenie Ministra Zdrowia o bezpieczeństwie żywności i żywienia z późniejszymi zmianami
12. EFSA MEMO/11/783, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-783_pl.htm
13. Fang Z., Bhandari B. (2011). Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*, 129 1139–1147.
14. Fazaeli M., Emam-Djomeh Z., Kalbasi Ashtari A., Omid M., (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 667–675.
15. Fernandes L.P., Turatti I.C.C., Lopes N.P., Ferreira J.C, Candido R.C., Oliveira W.P. (2008). Volatile retention and antifungal properties of spray-dried microparticles of *Lippia sidoides* essential oil. *Drying Technology*, 26, 1534-1542.
16. Flores-Martinez H., Osorio-Revilla G., Gallardo-Velazquez T. (2004). Optimal spray-drier encapsulation process of orange oil. *Proc. 14th Int. Drying Symp., Sao-Paulo Brazil, vol. A, 621-627.*
17. Gutiérrez, F. J., Albillos, S. M., Casas-Sanz, E., Cruz, Z., García-Estrada, C., García-Guerra, A., ... & Olabarrieta, I. (2013). Methods for the nanoencapsulation of β -carotene in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 73-83.
18. Jafari S. M., Assadpoor E., He Y., & Bhandari B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, 26(7), 816-835.
19. Jafari S.M., He Y., Bhandari B. (2007). Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. *Journal of Food Engineering*, 82 (4), 478-488.
20. Jedlińska E., Witrowa-Rajchert D. (2017). Różnorodność środków aromatyzujących, ich skład chemiczny a zapis na etykietach. *Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula*, 52(2), 300-309.
21. Kandansamy K., Somasundaram P. D. (2012). Microencapsulation of colors by spray drying-a review. *International Journal of Food Engineering*, 8(2), 1-15.
22. Krzyczkowska J., Białecka-Florjańczyk E., Stolarzewicz I. (2009). Biotechnologiczne metody otrzymywania substancji zapachowych, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (64), 5-18.
23. Mahdavi S. A., Jafari S. M., Ghorbani M., & Assadpoor E. (2014). Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying technology*, 32(5), 509-518.
24. Muthukumarappan, K., Tiwari, B., O'Donnell, C. P., & Cullen, P. (2016). Ultrasound Processing: Rheological and Functional Properties of Food. In J. Ahmed, H. Ramaswamy, S. Kasapis, & J. & Boye (Eds.), *Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties* (pp. 85-102): CRC Press.
25. Özkan G., & Ersus S. (2014). Microencapsulation of natural food colorants. *International Journal of Nutrition and Food Science*, 3(3), 145-156.
26. Rajabi H., Ghorbani M., Jafari S. M., Mahoonak A. S., & Rajabzadeh G. (2015). Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum Arabic and gelatin as wall materials. *Food Hydrocolloids*, 51, 327-337.
27. Robert P., Gorena T., Romero N., Sepulveda E., Chavez J., Saenz C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punicagranatum*) by spray drying. *International Journal of Food Sciences and Technology* 45 1386-1394.
28. Rodríguez-Rojo, S., Martín, Á., & Cocero, M. J. (2013). Encapsulation Methods with Supercritical Carbon Dioxide: Basis and Applications, In: Mittal V. (Ed.), *Encapsulation Nanotechnologies* (pp. 391-424), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9781118729175.ch12
29. Roos Y., & Karel M. (1991). Phase transitions of mixtures of amorphous polysaccharides and sugars. *Biotechnology Progress*, 7(1), 49-53.
30. Saenz C., Tapia S., Chavez J., Robert P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114(2) 616–622.
31. Samborska K., Langa E., Kamińska - Dwórznicza A., Witrowa - Rajchert D. (2015). The influence of sodium caseinate on the physical properties of spray - dried honey. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 256-262.
32. Santos, D. T., Albarelli, J. Q., Beppu, M. M., & Meireles, M. A. A. (2013). Stabilization of anthocyanin extract from jaboticaba skins by encapsulation using supercritical CO₂ as solvent. *Food Research International*, 50(2), 617-624.
33. Santos, D. T., Martín, Á., Meireles, M. A. A., & Cocero, M. J. (2012). Production of stabilized sub-micrometric particles of carotenoids using supercritical fluid extraction of emulsions. *The Journal of Supercritical Fluids*, 61, 167-174.
34. Shishir, M. R. I., Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49-67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.006>
35. Solymosi K., Latruffe N., Morant-Manceau A., Schoefs B. (2015). Food colour additives of natural origin In: Scotter M.J. (Ed). *Colour Additives for Foods and Beverages* (pp. 3–34), A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition number 279.
36. Taberero, A., del Valle, E. M. M., & Galán, M. A. (2012). Supercritical fluids for pharmaceutical particle engineering: Methods, basic fundamentals and modelling. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 60, 9-25.
37. Tonon R. V., Brabet C., Hubinger M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpeoleraceae Mart.*) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43 907-914.
38. Walton D. E., Mumford C. J. (2000) The Morphology Of Spray-Dried Particles a quantitative view. *Drying Technology* 18(9), 1945-1986.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

W latach 1999-2004 studiowałam na kierunku inżynieria chemiczna i procesowa na Wydziale Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Pracę magisterską pt: „**Przeciwprądowa ośmioskładnikowa absorpcja w kolumnie wypełnionej**” realizowałam pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Bożenny Kawalec – Pietrenko. Za pięcioletnie wyniki w nauce otrzymałam z rąk Rektora UWM wyróżnienie.

Pracę naukową rozpoczęłam w październiku 2004 r., kiedy rozpoczęłam studia doktoranckie o specjalności: Technologia żywności, biotechnologia żywności, chemia żywności, inżynieria żywności i ocena jakości żywności przy Wydziale Technologii Żywności SGGW w Warszawie. Pracę doktorską pt. „**Studia nad mikrokapsułkowaniem aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego**” realizowałam w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji pod kierunkiem prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert. Celem pracy było zbadanie, które właściwości fizyczne uzyskanych proszków, wynikające z zastosowanych określonych parametrów suszenia rozpyłowego i nośników, zagwarantują uzyskanie produktów o jak największej zawartości substancji aromatycznych. Mikrokapsułkowanie składników aromatu rozmarynowego w roztworze maltodekstryny doprowadziło do retencji od 5 do 17% związków zawartych w wyjściowym aromacie. Zastosowanie gumy arabskiej lub mieszaniny maltodekstryny i gumy arabskiej spowodowało istotne zwiększenie retencji związków aromatu rozmarynowego. Efektywność zamykania związków aromatycznych wynosiła od 30 do 70% substancji obecnych w aromacie wejściowym. Poziom mikrokapsułkowania składników aromatu cytrynowego był bardzo niski i wynosił od 0,2 do 6% związków obecnych w aromacie wejściowym, przed suszeniem rozpyłowym. Analizując zależności pomiędzy efektywnością procesu mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego i właściwościami fizycznymi uzyskanych proszków zawierających aromat rozmarynowy, stwierdzono, że średnica cząstek proszku miała największy wpływ na badany proces. Im była ona mniejsza, tym retencja składników aromatu była większa. Również zwiększenie gęstości pozornej proszków, szczególnie dla nośników zawierających w składzie gumę arabską, korelowało ze wzrostem zatrzymywanych składników aromatu rozmarynowego. Nie potwierdzono powyższych zależności w przypadku związków zawartych w aromacie cytrynowym. Prawdopodobnie bardzo małe ilości mikrokapsułkowanych substancji tego aromatu spowodowały, że żadna korelacja nie była istotna. Część powyższych badań było realizowanych w ramach grantu promotorskiego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Wyniki tych badań zostały opublikowane w pracach oryginalnych (Zał. 4 punkt 2 **A1, D3, D4, D5, D9**), przeglądowych (Zał. 4 punkt 2 **D2**) i monografiach (Zał. 4 punkt 2 **D10, D11**). Wyniki badań z doktoratu prezentowano także na konferencjach w trakcie doktoratu oraz po obronie pracy doktorskiej (Zał.4 punkt **2K** od **K1** do **K6** oraz punkt od **3B_2 - 3B_9, 3B_11, 3B_13**).

Podczas studiów doktoranckich brałam udział w intensywnych programach „Renewable Biomaterials” odbywającym się na Uniwersytecie w Gandawie, „Food and Consumer” na Uniwersytecie Cornvinus w Budapeszcie oraz „3rd Pillnitz Summer Academy on Organic Animal Husbandry”, odbywającym się w University of Applied Sciences Dresden (HTW).

W trakcie całych studiów doktoranckich otrzymywałam stypendium przyznawane przez Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W dniu 20.11.2008 r. **uzyskałam stopień doktora nauk rolniczych** w zakresie technologii żywności i żywienia, a moja praca doktorska została wyróżniona przez Radę Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

W grudniu 2008 r. zostałam **zatrudniona w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji** Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie na stanowisku asystenta, a rok

później adiunkta. Po rozpoczęciu pracy kontynuowałam tematykę badawczą, związaną z mikrokapsułkowaniem aromatów, jednocześnie poszukując nowych kierunków własnego rozwoju. W dalszej pracy naukowej skupiłam się na mikrokapsułkowaniu metodą suszenia rozpyłowego barwników pozyskiwanych z surowców roślinnych oraz metod obróbki wstępnej materiału badawczego, pozwalającego na zachowanie możliwie dużej ilości składnika aktywnego po tłoczeniu soku.

W ramach podnoszenia swoich kwalifikacji ukończyłam studia podyplomowe w zakresie nowoczesnych instrumentalnych metod analitycznych w badaniach bezpieczeństwa zdrowotnego żywności i pasz (2010 r.) oraz studia podyplomowe dotyczące Ochrony własności intelektualnej (2012 r.). Dodatkowo, w celu zwiększenia kompetencji dotyczących analizy obrazu brałam udział w szkoleniach z obsługi i analizy zdjęć uzyskiwanych z mikroskopu skaningowego oraz konfokalnego (Zał. 4 punkt **Q2_5, Q2_20, Q2_35**).

W obszarze moich zainteresowań naukowych można wyróżnić następujące kierunki badawcze:

- 5.1. Mikrokapsułkowanie aromatów metodą suszenia rozpyłowego
- 5.2. Wpływ suszenia rozpyłowego na morfologią proszków spożywczych
- 5.3. Zagospodarowanie surowców warzywnych
- 5.4. Zastosowanie dwutlenku węgla w przemyśle spożywczym

5.1. Mikrokapsułkowanie aromatów metodą suszenia rozpyłowego

Po obronie doktoratu kontynuowałam badania związane z mikrokapsułkowaniem aromatów spożywczych. Celem mikrokapsułkowania jest produkcja sypkiego proszku, w którym krople olejku aromatycznego są równomiernie rozłożone w matrycy nośnika. Punktem krytycznym dla efektywności mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego jest przygotowanie emulsji, która będzie stabilna przez cały proces mikrokapsułkowania. Stabilność emulsji można poprawić poprzez wytworzenie emulsji o jednakowych i małych kroplach fazy rozproszonej. Wielkość kropli emulsji można obniżyć poprzez zwiększenie ciśnienia i czasu homogenizacji (McClements i wsp. 2007). Jednak, zbyt intensywny proces homogenizacji może zwiększać rozmiar kropli emulsji (Jafari i wsp. 2007). Dlatego też, następnym krokiem w celu poprawy właściwości fizycznych zamkniętego aromatu cytrynowego metodą suszenia rozpyłowego, było zwiększenie ilości dodatku aromatu do emulsji oraz określenie wpływu homogenizacji na właściwości fizyczne proszków oraz wydajność procesu. W porównaniu do metodyki z pracy doktorskiej zmieniano w przygotowywanych emulsjach zawartość dodawanego aromatu (Zał. 4 punkt **D8**) lub rodzaj homogenizacji (mechaniczna, jedno lub dwustopniowa ciśnieniowa) (Zał. 4 punkt **A4, D12**). Określano wpływ tych zmian na właściwości fizyczne uzyskiwanych mikrokapsulek aromatu cytrynowego a także na ilość zamkniętego aromatu. Wyniki prezentowane były na konferencjach w formie referatów i plakatów (Zał. 4 punkt **3B_10, 3B_12, 3B_14, 3B_15**).

Pomiary lepkości emulsji wykazały, iż po przekroczeniu 4% dodatku aromatu następował wzrost lepkości pozornej emulsji poddawanych suszeniu od 30 do 41 mPa·s. Natomiast gęstość emulsji malała liniowo wraz ze wzrostem zawartości aromatu. Wzrost zawartości

aromatu spowodował spadek gęstości pozornej proszków, nie wykazano jednoznacznego wpływu dodatku aromatu na zawartość wody, gęstość luźną i porowatość złoza. Wielkość cząstek proszków wzrastała wraz ze zwiększeniem ilości dodatku aromatu (Zał. 4 punkt **D8**). Na podstawie analizy uzyskanych wyników właściwości fizycznych określono optymalny dodatek aromatu na poziomie 6%.

Po przeanalizowaniu ilości dodatku aromatu do emulsji, roztwory z 6-procentowym dodatkiem aromatu homogenizowano, stosując homogenizację ciśnieniową jednostopniową przy ciśnieniu 30 MPa, homogenizację ciśnieniową dwustopniową przy ciśnieniach 30 i 10 MPa oraz mieszadło szybkoobrotowe przez 30 minut przy 24000 obrotów na minutę. Stwierdzono, iż emulsja otrzymana przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego wykazywała najwyższą lepkość, co było skorelowane z dużą średnią średnicą kropeł emulsji. Odparowanie zachodziło najmniej intensywnie w przypadku proszków otrzymanych z emulsji homogenizowanej dwustopniowo, w których zawartość wody była największa. Proszki otrzymane na bazie emulsji homogenizowanej przy zastosowaniu mieszadła charakteryzowały się najniższą porowatością, gęstością pozorną i luźną. Najwyższe wartości badanych parametrów uzyskano w przypadku proszków z emulsji otrzymanej przy użyciu dwustopniowej homogenizacji (Zał. 4 punkt **A4, D12**).

Ponadto, we **współpracy z mgr Aleksandra Jedlińską** (doktorantką w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, a jednocześnie pracownikiem firmy „Pollena-Aroma”) zbadano wpływ rodzaju aromatu m.in. pomarańczowego (Zał. 4 punkt **D16**), wanilinowego (Zał. 4 punkt **D19, A6**), grejpfrutowego (Zał. 4 punkt **D20**), oraz malinowego (Zał. 4 punkt **A6**) na właściwości fizyczne uzyskiwanych cząstek proszków. Wyniki badań prezentowane były także na konferencjach (Zał. 4 punkt **Q1_4, Q1_5, Q1_8, Q1_9**).

Badania obejmowały także porównanie proszków uzyskiwanych w odbieralniku przemysłowej suszarki rozpyłowej z tym odbieranym ze ścian suszarki. Każdorazowo, niezależnie od badanego aromatu, stwierdzono znaczące różnice we właściwościach fizycznych, jak zawartość wody oraz gęstość nasypowa pomiędzy proszkami uzyskiwanymi w komorze suszarki oraz w odbieralniku. W nawiązaniu do uzyskanych wyników, zasugerowano, aby nie mieszać proszków uzyskiwanych z różnych miejsc komory suszarki rozpyłowej, co jest dość powszechną praktyką przemysłową (Zał. 4 punkt **A6, D16, D19-20**).

W przypadku aromatu wanilinowego zbadano także wpływ składu części aromatycznej na właściwości fizyczne uzyskiwanych proszków (Zał. 4 punkt **D19**). Było to istotne dla firmy Pollena-Aroma aby możliwie najkorzystniej do dalszej obróbki dobrać skład poddawanego suszeniu rozpyłowemu aromatu wanilinowego. Nie wykazano wpływu składu części aromatycznej na właściwości fizyczne proszków. Dzięki temu można było dobrać proszkowe aromaty jedynie pod względem walorów smakowo-zapachowych, zgodnych z wymaganiami kupujących.

Na podstawie badań wpływu rodzaju homogenizacji na właściwości fizyczne oraz zawartość aromatu cytrynowego, podjęto także próbę korelacji właściwości fizycznych aromatów z rodzajem użytej homogenizacji w zakładzie Pollena-Aroma (Zał. 4 punkt **D20, D16**). W przypadku proszków otrzymywanych na skalę przemysłową nie zaobserwowano jednoznacznego wpływu rodzaju sposobu przygotowania emulsji (rodzaj homogenizacji) na

właściwości fizyczne proszków. Zaobserwowano jednak lepszą sypkość i większą jasność proszków uzyskanych przy homogenizacji jednostopniowej (17 MPa). Ponadto, w proszkach aromatu grejpfrutowego nie odnotowano wpływu rodzaju homogenizacji na jakość i ilość zamykanej części aromatycznej (Zał. 4 punkt **D20**).

Literatura

1. McClements D.J., Decker E.A., Weiss J. (2007). Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. *Journal of Food Science*, 72 (8), R109-R124
2. Jafari S.M., He Y., Bhandari B. (2007). Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. *Journal of Food Engineering*, 82 (4), 478-488.

5.2. Wpływ suszenia rozpyłowego na morfologię proszków spożywczych

Opieka nad magistrantem mgr. Dariuszem Cupiałem oraz badania realizowane dla firmy Masterfoods (podczas doktoratu) oraz dla firmy Grana (Zał. 4 punkt **3_M1** i **M3**) zaowocowały podjęciem analizy tematu wpływu rodzaju substancji poddawanej procesowi suszenia rozpyłowego na jego morfologię (Zał. 4 punkt **D7**, **D14**). Było to także istotne ze względu na poszukiwanie nowych substancji nośnikowych do procesu mikrokapsułkowania aromatów.

Wykazano, iż morfologia cząstek może mieć wpływ na jakość uzyskanego proszku. W zależności od parametrów prowadzenia procesu, budowy suszarki rozpyłowej oraz składu i właściwości rozpylanego surowca można otrzymywać cząstki proszków o różnych rozmiarach i kształcie. Podstawowe cechy morfologiczne cząstek proszków warunkują także operacje związane z transportem, dystrybucją, pakowaniem i dalszym przetwarzaniem żywności w postaci proszku (Zał. 4 punkt **D7**, **D14**). Dowiedziono, iż rodzaj suszonej substancji ma kluczowy wpływ na kształt, wielkość i wewnętrzną strukturę uzyskiwanych cząstek proszków (Zał. 4 punkt **D14**). Wyniki badań były także prezentowane podczas konferencji naukowej (Zał. 4 punkt **3B_5**).

Ponadto, poszukiwanie nowych substancji nośnikowych, mających wpływ na kształt cząstek, oraz ówczesne potrzeby sektora spożywczego, skierowały moje zainteresowanie na odpady oraz produkty uboczne. Zainteresowanie to znalazło odzwierciedlenie w publikacjach, dotyczących serwatki i możliwości zastosowania jej w innych działach przemysłu spożywczego (Zał. 4 punkt **A5**, **D21**).

5.3. Zagospodarowanie surowców warzywnych

Udział jako podwykonawca jednego z zadań w grantcie Lider/23/109/L-2/NCBiR/2011 (Zał. 4 punkt **M2**, **D18**), własne poszukiwania dotyczące nowych nośników oraz potrzeby rynku spowodowały, że zainteresowałam się barwnikami naturalnymi, w aspekcie ich ochrony podczas procesów produkcyjnych.

Sezonowość surowców roślinnych często prowadzi do powstawania nadwyżki owoców i warzyw. Jednym ze sposobów ich zagospodarowania jest bezpośrednio wysuszenie owoców i warzyw. Można również przetworzyć nadwyżki surowców roślinnych do postaci soków, które mogą być zagęszczane i następnie suszone. Suszenie soków warzywnych prowadzi do uzyskania funkcjonalnego produktu w proszku o szerokim spektrum zastosowań.

Wykorzystanie odpadów powstających po procesie tłoczenia soków, było jednym z nowych kierunków badawczych. Aspekt suszenia soków warzywnych jest moim głównym kierunkiem badawczym (**H3-H6**).

Warzywa i owoce mogą być źródłem cennych składników, m.in. barwników naturalnych jak karotenoidy, antocyjany czy betaniny. Mając na uwadze zagospodarowanie produktów ubocznych oraz potrzebę stosowania naturalnych barwników w przemyśle spożywczym, spróbowano połączyć te dwa aspekty, susząc różnymi metodami bogate w antocyjany wycioki marchwi purpurowej (Załącznik 4 punkt **A3**). Wykazano, iż susze charakteryzowały się dobrymi właściwościami, mającymi wpływ na ich przechowywanie (właściwości sorpcyjne, zawartość i aktywność wody), a po rozdrobnieniu mogą być stosowane przy produkcji żywności w proszku (Załącznik 4 punkt **A3**).

Marchew purpurowa nie jest powszechnie dostępna, dlatego jako surowiec do dalszych badań wykorzystano marchew pomarańczową, bogatą w karotenoidy (Załącznik 4 punkt **D13, D15, D17**). We wstępnym etapie analizowano soki dostępne w handlu. We **współpracy z dr hab. inż. Małgorzatą Nowacką** sprawdzono wpływ działania ultradźwięków na właściwości fizyko-chemiczne soków marchwiowych oraz na późniejsze zamrażanie tych soków (wyniki badań prezentowane na konferencjach Załącznik 4 punkt **2 K7, K8, K10**).

Wykorzystanie ultradźwięków to nowe rozwiązanie, mogące znaleźć zastosowanie w przemyśle spożywczym m.in. do przyspieszania jednostkowych operacji, takich jak: suszenie, ekstrakcja i zamrażanie. Sonikacja, pomimo małej inwazyjności, wpływa jednak na przemiany fizyczne, chemiczne i biochemiczne, zachodzące w surowcach. Z kolei barwa jest istotnym, z punktu widzenia konsumenta i producenta, wyróżnikiem jakości, opisującym produkty spożywcze. W badaniach prezentowanych w publikacji **D15** określano wpływ 30-minutowej obróbki ultradźwiękami o częstotliwości 21 kHz na zmiany parametrów barwy soków marchwiowych o ekstrakcie 9, 12 i 21°Brix, pochodzących od dwóch producentów. Nie wykazano jednoznacznego wpływu zawartości ekstraktu na zmiany barwy soków poddanych działaniu ultradźwięków. Zmiany barwy soków po zastosowaniu ultradźwięków nie były wykrywalne przez ludzkie oko. Nie zaobserwowano także istotnych statystycznie zmian nasycenia i tonu barwy pomiędzy sokami przed i po działaniu fali dźwiękowej.

W kolejnym etapie określano wpływ stopnia zagęszczenia soku na jego parametry oraz na szybkość procesu zamrażania. Badano wybrane soki, poddane obróbce ultradźwiękami. Stwierdzono iż doświadczalny właściwy czas zamrażania był 3–4-krotnie krótszy niż obliczony, a także, że ciepło odebrane od produktu malało wraz ze wzrostem stężenia. Wszystkie krzywe zamrażania miały podobny kształt, a jedyną różnicę stanowił czas potrzebny do całkowitego zamrożenia produktu (Załącznik 4 punkt **D13**). Obróbka ultradźwiękami nie wpłynęła w większości na fizyczne właściwości badanych soków. Wyjątkiem były soki zagęszczone, w przypadku których zaobserwowano wzrost badanych parametrów. Nie zaobserwowano różnic w kształcie krzywych zamrażania, bez względu na metodę mrożenia, zagęszczenie soku i jego producenta oraz zastosowanie ultradźwięków. Temperatura krioskopowa soków z marchwi nieznacznie uległa obniżeniu po zastosowaniu ultradźwięków (Załącznik 4 punkt **D17**).

Dzięki **współpracy z Katedrą Techniki Ciepłej Wydziału Inżynierii Produkcji UP** w Lubinie możliwe były badania na sokach wytłaczanych. Marchew poddawano obróbce wstępnej (blanszowanie, działanie ultradźwiękami) i określano wpływ tych procesów na jakość uzyskanego soku z marchwi pomarańczowej oraz w późniejszym etapie efektywność procesu mikrokapsułkowania tak uzyskanego soku (badania nieopublikowane uzyskane w ramach grantu na zadanie badawcze w ramach wewnętrznego trybu konkursowego w SGGW dla młodego pracownika nauki lub uczestnika studiów doktoranckich pt "Wpływ rodzaju ekstrakcji na jakość mikrokapsułkowanych barwników uzyskiwanych z marchwi pomarańczowej i buraka ćwikłowego", 09.2013- 06.2014) (Zał. 4 punkt **2_I2**). Wyniki dotychczas zaprezentowane podczas dwóch konferencji (Zał. 4 punkt **3B_18, 3B_19**).

5.4. Zastosowanie dwutlenku węgla w przemyśle spożywczym

Dwutlenek węgla jako jedna z najbardziej powszechnych substancji na świecie, do tego nietoksyczna oraz często stosowana w przemyśle spożywczym zwróciła moją uwagę już podczas studiów magisterskich, gdzie w ramach seminarium wygłosiłam referat, dotyczący dwutlenku węgla oraz ekstrakcji w warunkach nadkrytycznych. W nawiązaniu do tej tematyki po rozpoczęciu studiów doktoranckich przygotowałam artykuł przeglądowy dotyczący zagadnień ekstrakcji nadkrytycznej w przemyśle spożywczym (Zał. 4 punkt **D1**). Zastosowanie dwutlenku węgla w przemyśle spożywczym zostało scharakteryzowane także w kolejnej publikacji przeglądowej (Zał. 4 punkt **D22**).

Staż naukowy w **Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach** (obecnie Instytut Nowych Syntezy Chemicznych) (zał. 4 punkt **3L_6**) zaowocował powrotem do zainteresowania dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym i możliwościami, jakie daje w ekstrakowaniu związków barwnych z surowców m.in. marchwi czy buraka ćwikłowego. Dodatkowo, możliwość przetestowania nowoczesnych metod mikronizacji w warunkach nadkrytycznych pozwoliła na poszerzenie zakresu badawczego oraz nawiązaniu dalszej współpracy m.in. w ramach grantu wewnętrznego, którego byłam kierownikiem (Zał. 4 punkt **2_I2**). Współpraca z Instytutem pozwoliła na skierowanie mojego zainteresowania na zagadnienie ochrony barwników naturalnych nowymi metodami. W celu przeprowadzenia dokładnego rozeznania, przed dalszymi badaniami przeprowadzono analizę literaturową, dotyczącą wykorzystania mikronizacji nadkrytycznej w przemyśle spożywczym (Zał. 4 punkt **A2**) oraz mikronizacji karotenoidów (**H6**).

Tematyka ta jest nowatorska, warta uwagi ze względu na dobre zachowanie składnika aktywnego, jednakże jest jeszcze nie w pełni poznana i wymaga szczegółowych badań. Zakres zastosowań mikronizacji oraz jej możliwości sprawiają, że temat ten pozostaje mi bliski i będzie kontynuowany w przyszłości.

6. Podsumowanie pracy naukowo-badawczej

Publikacje (oryginalne prace twórcze)	36
w tym:	
publikacje w czasopismach z Web of Science	10
publikacje przeglądowe	6
 Cytowania	
według Web of Science	78 (73 bez autocytowań)
według Scopus	91
Index Hirsha	6
Sumaryczny Impact Factor	19,669
Suma punktów wg listy MNiSW	416
 Doniesienia konferencyjne	34
Referaty	12
Kierownictwo grantów zewnętrznych	1

Zestawienie oryginalnych prac twórczych

Czasopismo	Liczba punktów MNiSW na rok publikacji	Liczba prac (rok publikacji)	Łączna liczba punktów	Impact factor z roku opublikowania (5letni)	Numer w wykazie
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Web of Science					
Po doktoracie					
Food and Bioproducts Processing	35	1 (2015)	35	2,687 (3,511)	A4
Food Chemistry	40	1 (2017)	40	4,946 (4,879)	H4
Food Research International	40	1 (2017)	40	3,520 (4,196)	H6
International Agrophysics	25	1 (2013)	25	1,142 (1,167)	A3
International Journal of Food Sciences and Technology	20	1 (2009)	20	1,172 (1,431)	A1
Journal of Food Process Engineering	20*	1 (2018)	20	1,955* (1,545)*	A6
Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	15	1 (2016)	15	1,276 (-)	A5
Powder Technology	35	1 (2014)	35	2,349 (2,437)	H3
Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	15	2 (2013x2)	30	0,311 (0,295)	H1 A2
SUMA		10	260	19,669 (19,4612)	
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się na liście B MNiSW					
Przed doktoratem					
Inżynieria i Aparatura Chemiczna	7	1 (2008)	7		D5
Polish Journal of Food and Nutrition Sciences	6	1 (2006)	6		D3
Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego	4	1 (2007)	4		D4
Przemysł Spożywczy	4	1 (2006)	4		D2
Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	2005 -4 2008 - 4	2 (2005, 2008)	8		D1 D6
Prace popularno-naukowe i popularyzujące (AgroSerwis)	0	1	0		Zal. 4 punkt 3I_8a1
SUMA		7	29		
Po doktoracie					
Acta Agrophysica	2010 -6 2011 - 6 2013 -7	5 (2010x2, 2011, 2013x2)	32		H2 D7, D8, D12, D15
Aparatura Badawcza i Dydaktyczna	5	1 (2013)	5		D16
Inżynieria Rolnicza	5	1 (2013)	5		D17
Nauka Przyroda Technologie	9	2 (2016, 2018)	18		H5 D24
Nauki Inżynierskie i Technologie	4	1 (2013)	4		D19
Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego	6	1 (2015)	6		D21
Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny	5	1 (2013)	5		D18
Przemysł Spożywczy	12	2 (2017x2)	24		D22, D23
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	2010 -6 2012 - 0 2013 - 9	3 (2010, 2012, 2013)	15		D9, D13, D14
Materiały konferencyjne opublikowane w całości w jęz. angielskim	5	1 (2014)	5		D20
Rozdziały w monografiach w jęz. polskim	4	2 (2012x2)	8		D10, D11
SUMA		20	127		
SUMA CAŁOŚCI		37	416		

Punktacja artykułów opublikowanych w czasopismach krajowych i zagranicznych wg MNiSW oraz bazy JCR w danym roku publikacji

* - punkty i IF oraz IF 5 letni z 2017 roku

Po wyłączeniu 6 prac stanowiących szczególne osiągnięcie naukowe (IF = 11,126; MNiSW = 146), wartość mojego pozostałego dorobku naukowego wynosi IF = 8,543 i MNiSW = 270 pkt.

Pełna lista moich osiągnięć naukowych oraz popularno-naukowych znajduje się w Załączniku 4 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego (Wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy z instytucjami, organizacjami i towarzystwami naukowymi w kraju i zagranicą oraz działalności popularyzującej naukę).

7. Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną

7.1. Działalność dydaktyczna

Po rozpoczęciu pracy jako nauczyciel akademicki w 2009 r. ukończyłam Studium Doskonalenia Pedagogicznego, prowadzone na Wydziale Nauk Humanistycznych SGGW w Warszawie.

Mój średni roczny wymiar godzin dydaktycznych w ostatnich latach wynosił 259 h, w tym 16h wykładów. Zajęcia dydaktyczne prowadzę lub prowadziłam na Wydziale Nauk o Żywności dla studentów następujących kierunków studiów: technologia żywności i żywienie człowieka, bezpieczeństwo żywności oraz towaroznawstwo, a także na Międzywydziałowym Studium Biotechnologii.

Prowadzone przeze mnie zajęcia na Wydziale Nauk o Żywności należą do grupy przedmiotów obowiązkowych, jak i fakultatywnych. Są one kierowane:

- do studentów I stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych (studia inżynierskie) (*rysunek techniczny z elementami maszynoznawstwa, maszynoznawstwo przemysłu spożywczego, inżynieria i aparatura przemysłu spożywczego, inżynieria procesowa, inżynieria żywności, aparatura i inżynieria procesów produkcyjnych, współczesne trendy w nauce o żywności i żywieniu, podstawy metrologii w przemyśle spożywczym*),
- do studentów II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych (studia magisterskie) o specjalności inżynieria żywności (*inżynieria układów wielofazowych żywności, inżynieria procesowa II, projektowanie produktu, informatyka II*).

Zajęcia dla studentów kierunku biotechnologia na Międzywydziałowym Studium Biotechnologii oraz obecnie na Wydziale Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu były prowadzone w ramach zajęć oferowanych dla studentów I stopnia studiów stacjonarnych (studia inżynierskie) (*inżynieria procesów biotechnologicznych, podstawy procesów biotechnologicznych*) oraz dla studentów II stopnia studiów stacjonarnych (*kontrola i sterowanie procesami biotechnologicznymi*).

Prowadzone wykłady opracowywałam w oparciu o najnowszą literaturę, informacje zdobywane na konferencjach naukowych oraz wyniki i spostrzeżenia wynikające z prowadzonych przeze mnie badań. Ponadto jestem autorem i współautorem wielu instrukcji do prowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych oraz byłam współkoordynatorem przedmiotu rysunek techniczny z elementami maszynoznawstwa (lata 2014, 2016).

W czasie pracy na Wydziale Nauk o Żywności byłam opiekunem 2 prac magisterskich oraz promotorem 7 prac magisterskich i 17 prac inżynierskich, a także promotorem pomocniczym

w przewodzie doktorskim mgr inż. Piotra Grzegory „Kształtowanie właściwości fizykochemicznych suszonych truskawek”, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, obrona pracy 09.02.2018r.

Ponadto w roku akademickim 2010/2011 prowadziłam i koordynowałam zajęcia z przedmiotu Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego w Państwowej Wyższej Szkole Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży, w Instytucie Technologii Żywności w ramach zatrudnienia na stanowisku starszego wykładowcy (150 h z czego 75 h wykładów).

7.2. Działalność organizacyjna

Podczas studiów doktoranckich w roku 2006 brałam czynny udział w tworzeniu Rady Doktorantów SGGW, która swoją pracę rozpoczęła dnia 1.10.2006r. W latach 2006-2007 byłam jej członkiem oraz członkiem Komisji Rewizyjnej Rady Doktorantów SGGW. W trakcie studiów doktoranckich brałam czynny udział (sekretarz) w przygotowywaniu VI Konferencji Naukowej z cyklu: Jakość i Bezpieczeństwo Żywności (6-7.12.2007 Warszawa), organizowanej przez zespół Katedry Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji.

Po doktoracie, w ramach działalności organizacyjnej corocznie biorę aktywny udział w organizacji Dni SGGW. Organizowałam także wraz z zespołem z Katedry cztery konferencje (członek Komitetu Organizacyjnego): VII Konferencja Naukowa z cyklu: Jakość i Bezpieczeństwo Żywności (3-4.12.2009 Warszawa), II Symposium Inżynierii Żywności (9-11.06.2010 Warszawa), XL Sesja Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk (29.06-1.07.2011 Warszawa) oraz VIII Konferencja Naukowa z cyklu: Jakość i Bezpieczeństwo Żywności (23-24.11.2011 Warszawa).

Ponadto, w latach 2009-2012 byłam opiekunem studentów studiów niestacjonarnych na kierunku Technologia Żywności, w latach 2013-2014 prowadziłam merytoryczny nadzór nad zaliczaniem praktyk studenckich WNoŻ. W latach 2009-2012 byłam członkiem Komisji Rekrutacyjnej na Wydziale Nauk o Żywności. Od 2014 r. jestem członkiem komisji Monitorującej Losy Absolwentów przy Wydziale Nauk o Żywności SGGW.

Pozyskałam także projekty dydaktyczne w ramach programu ERASMUS pt. „IPARAF IP Physical properties of food” dla studentów studiów doktoranckich w trzech kolejnych latach 2010-2012 (2010-1-FR1-ERA10-16173 w roku 2010, 2011-1-FR1-ERA10-25357 w roku 2011, 2012-1-FR1-ERA10-36841 w roku 2012). Do moich obowiązków należało prowadzenie dokumentacji projektu ze strony SGGW, planowanie i rozliczanie kosztów zgodnie z porozumieniem finansowym, prowadzenie naboru studentów do udziału w projekcie i organizowanie ich wyjazdów na zorganizowane zajęcia za granicą.

7.3. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów

Od 2005 r. jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności – Oddział Warszawski. Od 2013 r. jestem członkiem Stowarzyszenia Top500 Innovators.

7.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

Podczas studiów doktoranckich otrzymałam stypendium Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie za osiągnięcia naukowe (2004-2008). Jednocześnie moja praca doktorska pt. „Studia nad mikrokapsułkowaniem aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego” została wyróżniona przez Radę Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, uzyskując dyplom uznania w dniu 20.11.2008 r.

W czasie pracy na Wydziale Nauk o Żywności SGGW w Warszawie otrzymałam nagrodę JM Rektora SGGW w Warszawie zespołową stopnia III (2014) za osiągnięcia naukowe oraz nagrodę JM. Rektora Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie zespołową I stopnia za osiągnięcia dydaktyczne (2013).

W trakcie pracy zostało mi przyznane stypendium przez rząd chorwacki w ramach programu CEEPUS (2010) w ramach którego prowadziłam wykłady na Uniwersytecie w Osijeku. W 2013 r. zostałam finalistką programu rządowego „Top 500 Innovators Science - Management - Commercialization” co pozwoliło mi na udział w 2miesięcznym stażu na Uniwersytecie Berkeley w USA, ponadto uzyskałam stypendium na staż naukowy ufundowane przez firmę EuroSpin (01.2014) w ramach którego odbyłam dwutygodniowy staż we Francji oraz stypendium przyznawane w ramach wewnątrzuczelnianego konkursu SGGW na staż naukowy we Włoszech (04-05.2014).

Dwa z doniesień naukowych prezentowanych podczas konferencji krajowej, jedno w formie wystąpienia, drugie w formie plakatu zostały wyróżnione przez organizatorów konferencji.

7.5. Współpraca z zagranicą, recenzje publikacji

Podczas studiów doktoranckich odbyłam dwa dwutygodniowe staże naukowe – jeden na Uniwersytecie Ghent (9 – 20.01.2006) w ramach IP „Renewable Biomaterials” (program Socrates), drugi na Uniwersytecie Cornvinus (30.01 – 10.02.2006) w ramach IP „Food and Consumer” (program Socrates), podczas których zdobywałam wiedzę w zakresie żywności, jej przetwarzania oraz postrzegania przez konsumenta. Ponadto, odbyłam tygodniowy staż naukowy w Uniwersytecie HTW Dreźnie (25-31.08.2007) w ramach “3rd Pillnitz Summer Academy on Organic Animal Husbandry Dresden”, podczas którego zapoznano nas z aspektami produkcji ekologicznej oraz ekologicznego chowu zwierząt.

Po zatrudnieniu odbyłam dwutygodniowy staż na Uniwersytecie Ghent (25.01– 7.02.2009) w ramach IP „Broading skills in food sanitary safety” (program Socrates) podczas którego poszerzyłam wiedzę z zakresu bezpieczeństwa żywności. Ponadto, wzięłam udział w wymianie kadry akademickiej CEEPUS „For Safe and Healthy Food in Middle-Europe”, przebywając w dniach od 15.04 do 15.05 2011 r. na stypendium w Uniwersytecie J.J. Strossmayer (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku), Osijek, Chorwacja, jako nauczyciel wizytujący. Prowadziłam tam autorskie wykłady nt. „Encapsulation of colourants” oraz “Supercritical fluid extraction”

W latach 2012-2013 brałam udział jako nauczyciel w programie Socrates/Erasmus IPARAF Intensive Programme “Functional Ingredients for Tailored Food”, odbywającym się

w 2012 r w Agrocampus Ouest, Rennes, Francja oraz w 2013 r. w University College Cork (UCC, Cork), Cork Irlandia. Prowadziłam tam autorskie wykłady nt. „Physical properties of food”.

W ramach poszerzania wiedzy, dotyczącej jednego z moich zainteresowań naukowych tj. ekstrakcji nadkrytycznej oraz mikronizacji nadkrytycznej odbyłam staż w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach (20.08.2012-20.10.2012) (2 miesiące).

W roku akademickim 2013/2014 zostałam finalistką programu rządowego „**Top 500 Innovators Science - Management – Commercialization**”, w wyniku którego odbyłam 2-miesięczny staż (7.10–6.12.2013.) na Uniwersytecie Berkeley, zdobywając wiedzę w zakresie komercjalizacji badań naukowych. Jednocześnie, w ramach powyższego programu, uzyskałam możliwość odbywania 2-tygodniowego stażu w firmie QB3 (8.10-25.10.2013) oraz miesięcznego stażu naukowego w firmie PAX Water Technology (Richmond, California USA, 16.10 – 20.11 2013), realizując projekt pt. „Independent Water Analyzer application – new product design process”.

W wyniku wygranego konkursu w firmie EuroSpin miałam możliwość odbycia stażu naukowego w Agrocampus Ouest Rennes (Francja) (13-25.01.2014), podczas którego poznałam możliwości oraz sposoby współpracy tego instytutu oraz sąsiedniego (INRA) z firmami zewnętrznymi.

W okresie od 29.03-29.04.2014r. odbyłam miesięczny staż naukowy w Uniwersytecie Bolońskim na Wydziale Nauk o Żywności (Cesena Campus, Włochy) w ramach otrzymanego stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW na realizację badań naukowych, związanych z realizacją pracy habilitacyjnej. Podczas stażu prowadziłam badania pod kierownictwem Prof. Marco Dalla Rosy dotyczące określenia temperatury przejścia szklistego mikrokapsułkowanych soków z buraka oraz marchwi. Podczas pobytu w Cesenie zostały także przeprowadzone badania temperatury przejścia szklistego dwoma metodami, z czego została opracowana metoda tego pomiaru z użyciem NMR-u. Wyniki przedmiotowych badań zostały opublikowane w pracy oryginalnej (**H4**) a także były przedstawiane na konferencjach krajowych i międzynarodowych (Zał. 4 punkt **B19, Q1_6**).

Wykonałam łącznie 143 (bez uwzględnienia ponownych recenzji artykułów) recenzji publikacji naukowych (Zał. 4 punkt **2P**) w tym 133 w czasopismach z listy JCR: Czech Journal of Food Sciences, Drying Technology, European Food Research and Technology, Food And Bioprocess Technology: An International Journal, Food Chemistry, Food Hydrocolloids, Food Research International, Innovative Food Sciences and Emerging Technologies, International Journal of Food Science and Technology, Journal of Agricultural Science and Technology, Journal of Food Measurement & Characterization, Journal of Food Process Engineering, Journal of Food Process Engineering, Journal of Food Science, Journal of Membrane Sciences, Journal of Microencapsulation, Journal of Nutritional Health & Food Science, Journal of The Science of Food and Agriculture, LWT – Food Sciences and Technology, Powder Technology, The Philippine Agricultural Scientist, Trends in Food Sciences and Technology.

Ponadto, wykonałam 3 recenzje w czasopismach Beverages and Foods oraz 7 recenzji w czasopismach z listy B MNiSW: Acta Alimentaria, ACTA Scientiarum Polonorum

Technologia Alimentaria An International Journal of Food Science, Polish Journal of Chemical Technology an International Journal, Nauka Przyroda Technologie.

7.6. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki

Od 2009 roku biorę aktywny udział w organizacji Dni SGGW, obsługując stoisko Wydziału i promując wiedzę o żywności. Moja działalność w zakresie popularyzacji nauki realizuję również za pośrednictwem mojej strony internetowej www.emilijaniszewska.pl, na której podaję informacje na temat prowadzonych projektów, naukowo-dydaktycznych wyjazdów zagranicznych oraz ukazujących się publikacji oryginalnych i popularno-naukowych.

7.7. Konferencje

W trakcie doktoratu brałam aktywny udział w 10 konferencjach, przedstawiając wyniki prac w postaci 3 referatów i 7 posterów. Podczas doktoratu byłam także sekretarzem VI Konferencji Naukowej z cyklu: Jakość i Bezpieczeństwo Żywności (6-7.12.2007 Warszawa) (Zał. 4 punkt **2K, C, Q1**).

W okresie zatrudnienia jako autor lub współautor brałam udział w 34 konferencjach przedstawiając wyniki w postaci referatów (11) lub plakatów (23). Wygłosiłam aktywnie 9 referatów i przedstawiłam 15 posterów (Zał. 4 punkt **2K, C, Q1, J**).

Ponadto byłam także zaproszona do wygłoszenia referatu plenarnego nt Industrial methods of ethanol alcohol production podczas XXX-th IEEE-SPIE Joint Symposium (27.05-03.06.2012, Wilga), oraz byłam przewodniczącą jednej z sesji podczas konferencji FoodBalt (16-18.05.2012, Kowno, Litwa) (Zał. 4 punkt **K9**).

W trakcie pracy na stanowisku adiunkta byłam trzykrotnie członkiem komitetu organizacyjnego konferencji organizowanych przez Katedrę Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji (Zał. 4 punkt **3C**)

7.8. Współpraca z przemysłem

W ramach współpracy z przemysłem wykonywałam ekspertyzy dla firm zewnętrznych, dotyczące możliwości wysuszenia rozpyłowego hydrolizatu tkanek zwierzęcych (2007, praca przed obroną doktoratu, zlecający Firma Masterfoods), analizy rynku teksturotwórczych dodatków do żywności w Polsce oraz metody zagospodarowania odpadów przemysłu owocowo-warzywnego" (2012, Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie) oraz wykonanie zdjęć i analiza próbek kawy na mikroskopie skaningowym (2013, zlecający Firma Grana) (Zał. 4 punkt **2K, 3C, Q1**).

Koniec załącznika 2a

