

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Nauk o Żywności

Dr inż. Aleksandra Jedlińska

Załącznik 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności

Autoreferat

Niskotemperaturowe suszenie rozpyłowe z zastosowaniem
osuszonego powietrza

Warszawa 2023

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	5
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	5
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych	6
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.	7
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	7
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	7
4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego o osiągniętych wynikach wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	9
4.3.1. Wstęp.....	9
4.3.2. Cel naukowy osiągnięcia	12
4.3.3. Metody badawcze	13
4.3.4. Omówienie wyników badań	14
4.3.4.1. Badanie możliwości obniżenia temperatury suszenia rozpyłowego w wyniku zastosowania osuszonego powietrza.....	14
4.3.4.2. Badanie możliwości zmniejszenia dodatku nośnika suszarniczego (lub jego całkowitej eliminacji) dzięki zastosowaniu osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym.	16
4.3.4.3. Wpływ zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na wydajność suszenia	17
4.3.4.4. Wpływ zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na właściwości fizyczne proszków	19
4.3.5. Podsumowanie	24
4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych	25
4.4.2. Badania nad otrzymaniem miodu w proszku.....	28
4.4.3. Innowacje w suszeniu rozpyłowym.....	29
4.4.4. Innowacje w technologii soków	32
4.4.5. Zagadnienia etyczne w technologii żywności	33
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.	37

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	38
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	38
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	39
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę	39
7. Inne informacje dotyczące kariery naukowej	40
7.1. Dorobek publikacyjny	40
7.2. Udział i rola w projektach badawczych.....	41
7.3. Udział w konferencjach naukowych.....	42
7.4. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów	42
7.5. Współpraca międzynarodowa, współpraca z przemysłem, recenzje publikacji	42
7.6. Odbyte szkolenia i kursy	44

1. Imię i nazwisko

Aleksandra Jedlińska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2016 r. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk o Żywności

stopień doktora inżyniera nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka

Praca doktorska pt. „Optymalizacja otrzymywania proszkowych aromatów spożywczych w skali laboratoryjnej i w warunkach przemysłowych” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert i przy współpracy z firmą „Pollena-Aroma”

2010 r. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk o Żywności

dyplom magistra inżyniera w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka

Praca magisterska pt. „Właściwości fizyczne miodu pszczelego suszonego z dodatkiem maltodekstryny” wykonana pod kierunkiem dr hab. Katarzyny Samborskiej, prof. SGGW

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

01.09.2019 – obecnie	adiunkt naukowo-dydaktyczny Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Instytut Nauk o Żywności Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
01.09.2018 – 31.08.2019	asystent naukowo-dydaktyczny Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Wydział Nauk o Żywności Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
01.05.2017 – 31.04.2018	asystent naukowo-dydaktyczny Zakład Oceny Jakości Żywności Wydział Nauk o Żywności Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
09.2014 – 04.2015	specjalista ds. aromatów proszkowych w Fabryce Substancji Zapachowych „Pollena-Aroma”
09.2011 – 08.2014	staż naukowy w Fabryce Substancji Zapachowych „Pollena-Aroma”. Praca w Laboratorium Kreacji i Aplikacji Aromatów Spożywczych
01.10.2010 – 31.09.2015	dziennie studia doktoranckie Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Wydział Nauk o Żywności Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
23.04.2015 – 20.04.2016 i 16.09.2020 – 14.09.2021	- urlop macierzyński i rodzicielski

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) jest monotematyczny cykl pięciu publikacji naukowych.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Niskotemperaturowe suszenie rozpyłowe z zastosowaniem osuszonego powietrza

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

O1. Jedlińska A., Samborska K., Wieczorek A., Wiktor A., Ostrowska-Ligęza E., Jamróz W., Skwarczyńska-Maj K., Kielczewski D., Błazowski Ł., Tułodziecki M., Witrowa-Rajchert D. (2019). The application of dehumidified air in rapeseed and honeydew honey spray drying - Process performance and powders properties considerations. *Journal of Food Engineering*, 245, 80-87.

IF2019 = 4,499

IF5letni = 5,404

Punkty = 140

Liczba cytowań wg Scopus = 35

wg Web of Science = 30

Mój indywidualny wkład w publikację polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zgromadzeniu i analizie danych literaturowych, określeniu metodyki pracy, wiodącym udziale w przeprowadzonych badaniach i oznaczeniach, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu, redagowaniu artykułu i dostosowaniu do uwag recenzentów, prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondencyjny).

O2. Jedlińska A., Barańska A., Witrowa-Rajchert D., Ostrowska-Ligęza E., Samborska K. (2021). Dehumidified Air-Assisted Spray-Drying of Cloudy Beetroot Juice at Low Temperature. *Applied Sciences*, 11(14), 6578.

IF2021 = 2,838

IF5letni = 3,073

Punkty = 100

Liczba cytowań wg Scopus = 7

wg Web of Science = 7

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zgromadzeniu i analizie danych literaturowych, określeniu metodyki pracy, wiodącym udziale w przeprowadzonych badaniach i oznaczeniach, określeniu metodyki pracy, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu (pisanie, graficzne przedstawienie wyników), redagowaniu artykułu i dostosowaniu do uwag recenzentów, prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondencyjny).

O3. Jedlińska A., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D., Derewiaka D., Wołosiak R., Matwijczuk A., Niemczynowicz A., Samborska K. (2021). Quality Assessment of Honey Powders Obtained by High- and Low-Temperature Spray Drying. *Applied Sciences*, 11 (1), 224

IF2021 = 2,838 IF5letni = 3,073 Punkty = 100
Liczba cytowań wg Scopus = 10 wg Web of Science = 10

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zgromadzeniu i analizie danych literaturowych, wiodącym udziale przy opracowywaniu metodyki pracy oraz w przeprowadzonych badaniach i oznaczeniach, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu, redagowaniu artykułu i dostosowaniu do uwag recenzentów, prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondencyjny).

O4. Jedlińska A., Samborska K., Wiktor A., Bialik M., Derewiaka D., Matwijczuk Gondek E. (2022). Spray drying of pure kiwiberry pulp in dehumidified air. Drying Technology, 40 (7), 1421-1435

IF2022 = 3,556 IF5letni = 3,89 Punkty = 100
Liczba cytowań wg Scopus = 5 wg Web of Science = 5

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zgromadzeniu i analizie danych literaturowych, określeniu metodyki pracy, wiodącym udziale w przeprowadzonych badaniach i oznaczeniach, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu (pisanie, graficzne przedstawienie wyników), redagowaniu artykułu i dostosowaniu do uwag recenzentów.

O5. Jedlińska A., Edris A., Samborska K. (2023). Sugarcane molasses spray drying by dehumidified air as the method to enhance powder recovery and physical properties of powders. Food Process Engineering, <https://doi.org/10.1111/jfpe.14426>

IF2023 = 2,889 IF5letni = 2,272 Punkty = 100
Liczba cytowań wg Scopus = 0 wg Web of Science = 0

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zgromadzeniu i analizie danych literaturowych, określeniu metodyki pracy, wiodącym udziale w przeprowadzonych badaniach i oznaczeniach, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu (pisanie, graficzne przedstawienie wyników), redagowaniu artykułu i dostosowaniu do uwag recenzentów.

Sumaryczny Impact Factor (IF) pięciu publikacji naukowych, stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 16,62 (5-letni Impact Factor wynosi 17,712). Suma punktów wg punktacji MNiSW wynosi 540¹. Sumaryczna liczba cytowań osiągnięcia wynosi 57 wg bazy Scopus i 52 wg bazy Web of Science.

Badania, których wyniki przedstawiono w powyższym osiągnięciu były realizowane dzięki współpracy z firmą Maspex (największą firmą spożywczą z polskim

¹ Punkty MNiSW oraz wartość IF podano zgodnie z rokiem publikacji. Oświadczenia współautorów prac wchodzących w skład osiągnięcia, określające ich udział w powstanie tych prac zostały dołączone do kopii publikacji.

kapitałem), która udostępniła niezbędny sprzęt (osuszacz powietrza). Na jej zlecenie została opracowana metoda niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego koncentratu jabłkowego z osuszonym powietrzem w skali ćwierć technicznej, a w dalszym etapie zostały wykonane próby przedwdrożeniowe w skali produkcyjnej. Badania zaprezentowane w osiągnięciu miały na celu dostosowanie tej nowatorskiej metody do wytwarzania innowacyjnych proszków z szeregu innych produktów spożywczych o wysokiej zawartości cukrów.

4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego o osiągniętych wynikach wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Wstęp

Proszki spożywcze to produkty o długiej trwałości, przystosowane do szybkiego przygotowania czy nawet gotowe do bezpośredniego spożycia. Inne zalety formy proszkowej to łatwość dozowania, możliwość użycia przez cały rok (niezależnie od sezonowości, np. owoców), możliwość skomponowania zbilansowanych mieszanek (np. mleko dla niemowląt o określonym dodatku białek, tłuszczów, węglowodanów i witamin) czy zmniejszenie objętości (ważne przy transporcie czy przechowywaniu). Szybkie tempo życia współczesnych konsumentów i ich nastawienie na wygodę, a z drugiej strony przemysłowa produkcja żywności, w której używanie produktów proszkowych istotnie ułatwia procesy produkcyjne, sprawiają, że proszki spożywcze są popularną formą żywności oraz półproduktów [Janiszewska i wsp. 2008, Patel i wsp. 2009, Cuq i wsp. 2011]

Suszenie rozpyłowe jest najlepszą metodą otrzymywania proszków. Pod warunkiem odpowiedniego doboru parametrów, zapewnia ono wysoką wydajność, a ponadto możliwość swobodnego dopasowywania skali produkcyjnej (ze względu na dostępność sprzętu o zróżnicowanej wydajności od kilkudziesięciu gramów/h do kilkuset kilogramów/h) oraz prowadzenia produkcji w systemie ciągłym. Charakteryzuje się stosunkowo niskim kosztem infrastruktury, niskimi kosztami procesu i dobrymi właściwościami otrzymanych proszków (np. rozpuszczalność, wielkość cząstek). [Janiszewska i wsp. 2008, Patel i wsp. 2009, Piątkowski i Zbiciński 2010, Cuq i wsp. 2011].

Podczas suszenia produktów o wysokiej zawartości cukrów, takich jak miód, melasa, pulpy i soki owocowe/warzywne, materiał ma tendencję do sklejania i przywierania do ścian suszarki, co powoduje obniżenie wydajności procesu, a w niektórych przypadkach uniemożliwia wysuszenie materiału. Problem ten związany jest z niską temperaturą przemiany szklistej (T_g) cukrów prostych (glukozy, fruktozy) i kwasów organicznych (np. cytrynowego, jabłkowego, winowego) [Cano-Chauca i in. 2005]. Jednocześnie, obecność wody również obniża T_g , ponieważ T_g czystej wody wynosi -135°C , a wartość T_g zwiększa się wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej. Monosacharydy (np. fruktoza, glukoza, mannoza, galaktoza, ryboza, ksyloza) charakteryzują się T_g od -20 do $+31^{\circ}\text{C}$, disacharydy (np. sacharoza, maltoza, laktoza, trehaloza) od 62 do 101°C [Noel i in., 1990].

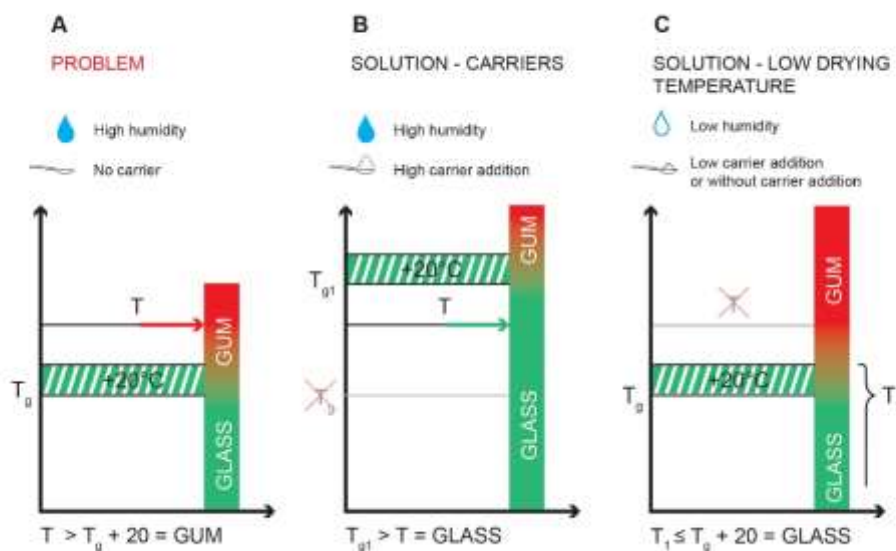
Problem suszenia materiałów o niskiej wartości T_g przedstawiono na rysunku 1A. W przypadku zastosowania temperatury suszenia wyższej niż T_g , otrzymuje się produkt w postaci gumy. Amorficzna struktura gumy okleja komorę suszarniczą, obniża wydajność suszenia lub w ogóle uniemożliwia jakikolwiek odzysk proszku. Najpopularniejszym sposobem, umożliwiającym wysuszenie produktów o niskiej wartości T_g (m.in. tych bogatych w cukier) jest podwyższenie T_g roztworu podawanego do suszenia przez dodatek nośników suszarniczych. Są to substancje o wysokiej masie cząsteczkowej, charakteryzujące się wysoką wartością T_g . Tym samym, przemiana z roztworu w stan stały zachodzi poniżej T_g materiału i powstaje proszek, a nie guma [Samborska i in. 2019a, Samborska 2019b]. Jest to rozwiązanie B przedstawione na rysunku 1 – dodatek nośnika podnosi T_g do T_{g1} , która jest wyższa od temperatury suszenia T , co umożliwia otrzymanie produktu w postaci proszku (stan szklisty). Najczęściej stosowanymi nośnikami są: maltodekstryna, guma arabska, białka mleka i białka roślinne. Jednocześnie warto zaznaczyć, że dodatek nośników, szczególnie w przypadku produktów wysokocukrowych jest wysoki i stanowi zazwyczaj co najmniej 50% s.s. [Tontul i Topuz 2017]. Obecny trend „clean label” powoduje ograniczoną akceptację konsumentów w stosunku do substancji dodatkowych, jakimi są nośniki suszarnicze, w związku z tym poszukuje się dróg zmniejszenia, a najlepiej wyeliminowania nośników suszarniczych. W nielicznych badaniach udało się zmniejszyć dodatek nośników w wysokocukrowych proszkach, jak np. proszek miodowy, dzięki obróbce wstępnej roztworu przed suszeniem np. na drodze dialfiltracji (Samborska i wsp., 2017), uzyskując proszek o zawartości 75% s.s. miodu, czy poprzez obróbkę enzymatyczną (Samborska i wsp. 2016), uzyskując proszek o zawartości 83% s.s. miodu.

Korzystnym sposobem suszenia produktów bogatych w cukier, umożliwiającym zmniejszenie zawartości nośników suszarniczych, może być stosowanie niskich temperatur suszenia (najkorzystniej poniżej T_g materiału). Jednakże, zastosowanie niskiej temperatury w konwencjonalnym suszeniu rozpyłowym zmniejsza siłę napędową odparowania i uniemożliwia usunięcie wody. Przy wysokiej temperaturze następuje szybsza wymiana ciepła między medium suszącym a podawanym produktem, a woda efektywnie odparowuje. Wysoka temperatura wlotowa powoduje większą różnicę temperatur między rozpylanym roztworem a medium suszącym, zwiększając tym samym siłę napędową procesu parowania [Phisut 2012]. Jednak, wysokie temperatury mogą prowadzić do degradacji wielu cennych związków, takich jak: likopen, β -karoten, antocyjany, witamina C, barwniki i aromaty [Shishir i Chen 2017]. Rozwiązaniem umożliwiającym suszenie w niskiej temperaturze, z jednoczesnym utrzymaniem siły napędowej procesu, jest użycie jako medium suszącego osuszonego powietrza (rozwiązanie C na rysunku 1). Zmniejszenie wilgotności powietrza suszącego pozwala na obniżenie temperatury suszenia bez obniżania siły napędowej procesu. A zatem, zastosowanie osuszonego powietrza pozwala na wysuszenie materiału poniżej jego T_g , co przedstawiono na rysunku 1C ($T_1 < T$). Ponadto według danych literaturowych, temperatura wylotowa może być o 10-20°C wyższa od T_g (zakreskowany zielony obszar na rysunku 1) i w dalszym ciągu możliwe jest w takich warunkach uzyskanie proszku w stanie szklistym [Shrestha i wsp. 2007].

W jednej z pierwszych publikacji dotyczących suszenia rozpyłowego z użyciem osuszonego powietrza Goula i Adamopoulos (2005), susząc pulpę pomidorową z dodatkiem maltodekstryny obniżyli temperaturę wlotową powietrza do 110-140°C. Jednocześnie stwierdzili, że nowa metoda zwiększa rozpuszczalność i gęstość proszków z jednoczesnym obniżeniem ich wilgotności. Chasekioglou i wsp. (2017) suszyli rozpyłowo ścieki z tłoczni oliwek w temperaturach wlotowych powietrza 110-160°C i zanotowali wysoką wydajność procesu (87–94%) w porównaniu do tradycyjnego procesu suszenia rozpyłowego (< 3%). Goula i Adamopoulos (2010) używali temperatur 110-140°C do suszenia soku pomarańczowego z dodatkiem maltodekstryny i stwierdzili, że otrzymane proszki były lepszej jakości (mniej higroskopijne, mniej zbrylone, o lepszej rozpuszczalności oraz wyższej gęstości).

Dopiero badania moje i mojego zespołu, zapoczątkowane publikacją **O1** z 2019 r., pokazały możliwość stosowania temperatury powietrza wlotowego znacznie poniżej 100°C (nawet 75°C), z jednoczesnym obniżeniem zawartości nośnika (do 20% s.s. w

przypadku miódów) lub jego całkowitym wyeliminowaniem w przypadku soków z mini kiwi (O4) i buraka (O2). Takie osiągnięcie stanowi innowację na skalę światową i nie było notowane uprzednio w literaturze.



Rys. 1. Graficznie przedstawienie problemu suszenia materiałów o niskiej temperaturze przemiany szklistej i jego rozwiązania (T_g – temperatura przemiany szklistej, T – temperatura suszenia) – opracowanie własne.

4.3.2. Cel naukowy osiągnięcia

Badania prezentowane w osiągnięciu stanowią nowatorskie rozwiązanie, umożliwiające zmianę warunków suszenia rozpyłowego, co w efekcie pozwala na osiągnięcie szeregu korzystnych efektów związanych z przebiegiem suszenia i właściwościami proszków. A zatem, celem naukowym osiągnięcia, będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, było określenie:

- 1) możliwości obniżenia temperatury suszenia rozpyłowego dzięki zastosowaniu osuszonego powietrza (publikacje O1, O2, O3, O4, O5),
- 2) możliwości zmniejszenia dodatku nośnika suszarniczego (lub jego całkowitej eliminacji) dzięki zastosowaniu osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym (publikacje O1, O2, O3, O4, O5),
- 3) wpływu zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na wydajność suszenia (publikacje O1, O2, O3, O5),

- 4) wpływu zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na właściwości fizyczne proszków (publikacje **O1, O2, O4 O5**),
- 5) wpływu zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na wybrane właściwości chemiczne proszków (publikacje **O2, O3, O4**).

4.3.3. Metody badawcze

Materiały

Materiał badawczy stanowiły produkty spożywcze, takie jak miód (rzepakowy i spadziowy), melasa trzcinowa, sok z buraków, pulpa z mini kiwi. Jako nośniki stosowano maltodektrynę (Pepees, Polska), NUTRIOSE®, (Roquette, France), kleptozę (Roquette, France) i mleko w proszku (Mlekovita, Polska).

Metody technologiczne

Suszenia przeprowadzono w suszarce rozpyłowej Mobile Minor (GEA, Dania). W przypadku tradycyjnego suszenia rozpyłowego (SD) stosowana temperatura suszenia wynosiła 180/80°C (wlot/wylot), zaś w przypadku innowacyjnego, niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego (z ang. dehumidified air spray drying – DASD) temperatura powietrza wlotowego była w przedziale 75-130°C, a wylotowego od 50 do 80°C (w zależności od materiału i ilości wody do odparowania). Powietrze osuszano za pomocą zewnętrznego systemu osuszania, składającego się z jednostki chłodzącej TAEvo TECH020 (MTA, Włochy), jednostki kondensacyjnej (SWEGON) i adsorpcyjnej ML270 (MUNTERS, Szwecja). Podczas DASD maksymalna wilgotność powietrza wynosiła 0,6 g/m³ (w trakcie osuszania z powietrza usunięto 6,8 g wody/m³). Strumień podawanego do suszarki roztworu wynosił 0,3 ml·s⁻¹, a prędkość dysku obrotowego 26 000 obr/min (ciśnienie sprężonego powietrza 4,5 bar). Każdy wariant suszenia przeprowadzono dwukrotnie. Do czasu wykonania oznaczeń proszki przechowywano w zamkniętych workach strunowych w temperaturze 4°C.

Wydajność suszenia obliczano jako stosunek masy suchej substancji w proszku do masy suchej substancji w roztworze i wyrażano w procentach.

Metody analityczne

- Lepkość roztworów podawanych do suszenia (reometr Haake MARS 40, Thermo Scientific, Japonia),
- Właściwości fizyczne proszków: zawartość wody (metoda suszarkowa), aktywność wody (Hygroskop DT, Rotronic), higroskopijność (wilgotność 75%,

25°C, 196 h), barwa (chromometr, Konica Minolta), wielkość cząstek (analyzer laserowy 1190, Cilas), gęstość nasypowa (gęstościomierz wstrząsowy, Engelsmann), gęstość rzeczywista (piknometr helowy, Stereo Pycnometr, Quantachrome Instruments), porowatość, syplność (współczynnik Hausnera), temperatura przemiany szklistej (MDSC, TA Instruments), analiza FTIR (Spektrometr 670-IR Agilent), zdjęcia mikroskopowe (mikroskop SEM, Phenom)

- Właściwości chemiczne proszków: zawartość związków fenolowych ogółem (metoda Folina-Ciocalteu), aktywność przeciwutleniająca (metody ABTS, DPPH, CUPRAC), zawartość związków aromatycznych (metoda chromatograficzna GS-MS, Shimadzu QP2010S), zawartość betalain (metoda Nilssona).

Metody statystyczne

- Analiza wariancji (Anova), test Tukeya
- Analiza składowych głównych (PCA)
- Hierarchiczna analiza skupień (HCA)

Analizy wykonywano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$

4.3.4. Omówienie wyników badań

4.3.4.1. Badanie możliwości obniżenia temperatury suszenia rozpyłowego w wyniku zastosowania osuszonego powietrza

W publikacjach **O1, O2, O3, O4, O5** przedstawiono wyniki badań, dotyczących suszenia rozpyłowego miodu, melasy, pulpy z mini kiwi i soku z buraka. Dzięki użyciu osuszonego powietrza udało się obniżyć temperaturę wlotową suszenia rozpyłowego z 160-220°C (średnio 180°C) do 80°C w przypadku melasy (**O5**), 75°C w przypadku miodu (**O1, O3**), 100 i 120°C w przypadku pulpy z mini kiwi (**O4**) oraz 90 i 130°C w przypadku soku z buraka (**O2**). Jednocześnie, obniżono temperaturę wylotową z klasycznych 80-90°C do nawet 50°C. Suszenie rozpyłowe przy temperaturze powietrza wlotowego znacznie poniżej 100°C (75°C) jest innowacją na skalę światową, osiągniętą przez mój zespół badawczy (**O1** to pierwsza publikacja z całego cyklu publikacji opublikowanych przez zespół w latach 2019-2023). Warto zaznaczyć, że procesy charakteryzowały się efektywnym przebiegiem (niejednokrotnie wydajnością powyżej 90%), a proszki odpowiednimi właściwościami fizykochemicznymi (wyniki dotyczące tych właściwości przedstawiono w punktach 4.3.4.4 i 4.3.4.5).

W czasie pierwszych eksperymentów z zastosowaniem metody DASD suszenia w niskich temperaturach nie przynosiły spodziewanych efektów – proszek nie był wytwarzany, a wewnątrz suszarki było „zalewane” częściowo odwodnionym syropem. Co oczywiste, w przypadku materiałów o niskiej T_g, jak np. miód, istnieje konieczność utrzymania niskiej temperatury suszenia (wlot 75-80°C, wylot < 60°C), lecz jednocześnie stwierdzono, że powinna być również ograniczona zawartość wody w roztworze podawanym do suszenia. W efekcie, w przypadku miodu i melasy (**O1**, **O3**, **O5**) zastosowano wysokie stężenia roztworów podawanych do suszenia (50-60% s.s., w/w). Niska temperatura była niezbędna, aby nie dochodziło do przejścia w stan amorficzny gumowaty, natomiast wysokie stężenie roztworu podawanego do suszenia, ograniczało ilość wody koniecznej do odparowania podczas suszenia. Możliwość odparowania wody, pomimo zastosowania niskich temperatur z jednoczesnym użyciem osuszonego powietrza, zgodna jest z teorią na temat siły napędowej procesu suszenia, jaką jest różnica prężności pary wodnej materiału podawanego do suszenia i powietrza suszącego (Lewicki i wsp. 2017). Różnica pomiędzy prężnością pary wodnej na powierzchni rozpylonych kropeł roztworu i powietrza suszącego jest niezbędna do odparowania wody, a energia wynikająca z podwyższonej temperatury odpowiada za intensyfikację tego procesu. Tym samym, im większa jest różnica wilgotności pomiędzy suszonym materiałem a powietrzem go otaczającym, tym większa jest siła napędowa procesu, z jednoczesną możliwością zastosowania niższych temperatur. Wilgotność powietrza suszącego wynosiła nawet poniżej 1 g/m³, a przykładowo zawartość wody w powietrzu otaczającym o wilgotności 40%, w temperaturze 22°C wynosiła ok. 7,7 g/m³ (były to średnie parametry powietrza otaczającego na hali póltechniki w czasie wykonywania eksperymentów).

W przypadku pulpy z mini kiwi (**O4**) oraz buraka (**O2**) zastosowano wyższe temperatury suszenia (do 130°C na wlocie), ponieważ do suszenia podawano roztwory o niskim stężeniu (ok. 10%), a więc ilość wody do odparowania była większa. Jednocześnie, możliwość zastosowania wyższych temperatur bez wystąpienia niekorzystnych zjawisk związanych z niską wartością T_g, wynikała ze składu chemicznego produktów, które w porównaniu z miodem (**O1**, **O3**), charakteryzowały się mniejszą zawartością cukrów prostych i obecnością związków wielkocząsteczkowych, takich jak polisacharydy, błonnik pokarmowy czy pektyny, których obecność ze względu na wysokie wartości T_g działa podobnie jak dodatek nośników.

Reasumując, możliwe okazało się zmniejszenie temperatury suszenia rozpyłowego w związku z użyciem osuszonego powietrza. Zmniejszono temperaturę z tradycyjnie stosowanych 160-220°C do 75-80°C w przypadku miodu i melasy oraz do 90-130°C podczas suszenia soku z buraka oraz mini kiwi. Stwierdzono, że w przypadku mniej stężonych roztworów należy zastosować wyższe temperatury ze względu na konieczność odparowania większej ilości wody.

4.3.4.2. Badanie możliwości zmniejszenia dodatku nośnika suszarniczego (lub jego całkowitej eliminacji) dzięki zastosowaniu osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym.

W publikacjach **O1, O2, O3, O4, O5** przedstawiono wyniki badań dotyczących suszenia rozpyłowego miodu, melasy, pulpy z mini kiwi i soku z buraka. Zastosowanie innowacyjnego sposobu suszenia rozpyłowego z udziałem osuszonego powietrza umożliwiło istotne zmniejszenie zawartości nośnika (do 20% w miodzie – **O1, O3**) lub jego całkowite wyeliminowanie (sok z buraka – **O2**, pulpa z mini kiwi – **O4**). Otrzymanie proszków bez udziału nośników suszarniczych, przy efektywnie przeprowadzonym procesie suszenia (wydajność często powyżej 90%) i wysokiej jakości proszków, nie było spotykane do tej pory w literaturze. Przeciętna zawartość nośnika w proszkach otrzymywanych przemysłowo za pomocą konwencjonalnego suszenia rozpyłowego wynosi co najmniej 50% i analogicznie w publikacjach w publikacjach **O1** i **O5** maksymalna zawartość miodu w przypadku tradycyjnego suszenia wysokotemperaturowego (180/80°C) wynosiła właśnie 50%.

Na uwagę zasługuje fakt możliwości otrzymania proszków o niskich wartościach Tg metodą suszenia rozpyłowego – proszku o 80% zawartości miodu o wartości Tg równej 26°C (**O1**) oraz proszku buraczanego bez nośników o wartości Tg wynoszącej 58°C (**O2**). Według Goula i Adamopoulos (2008) temperatura powierzchni cząstek podczas suszenia rozpyłowego jest nawet 10-20°C niższa niż temperatura powietrza wylotowego. Ponadto, przechodzenie w stan amorficznej gumy według Roos i Karel (1991) zachodzi w temperaturze 10-20°C powyżej wartości Tg. To tłumaczy, dlaczego przy temperaturach wylotowych na poziomie 50°C (miód - **O1**) i 55°C (burak - **O2**), materiał przekształcił się w stan amorficznego szkła, a nie gumy.

Istotne wydaje się również, że w przypadku proszków miodowych (**O1**) i z melasy (**O5**), użytym nośnikiem (stanowiącym jedynie 20% s.s. w przypadku metody DASD)

była NUTRIOSE® - pochodząca ze skrobi kukurydzianej oporna dekstryna, powstająca w kontrolowanym procesie dekstrynizacji (hydrolizy i repolimeryzacji). NUTRIOSE® jest odporna na hydrolizę przez endogenne enzymy glucydolityczne i jest klasyfikowana jako rozpuszczalny błonnik pokarmowy o właściwościach prebiotycznych (Lefranc-Millot, 2008). Proszki z dodatkiem rozpuszczalnego błonnika lub całkowicie pozbawione nośnika idealnie wpisują się w obecny trend „czystej etykiety”.

Jednocześnie należy podkreślić, że możliwym okazało się wysuszenie melasy bez udziału nośników (**O5**) zarówno jedną, jak i drugą metodą (tradycyjną SD i niskotemperaturową DASD). Efekt przyklejania cząstek do ścian suszarki wywołany niską wartością Tg cukrów niskocząsteczkowych jest zwykle obserwowany podczas suszenia soków owocowych oraz miodu i powoduje pogorszenie odzysku proszku/wydajności suszenia. Jednakże, dominującym (30-40% s.s.) związkiem cukrowym w melasie jest sacharoza (Clarke 2003), charakteryzująca się wartością Tg wyższą niż fruktoza i glukoza, równą 62°C (Shishir i Chen 2017).

Reasumując, dzięki zastosowaniu innowacyjnego suszenia rozpyłowego z zastosowaniem osuszonego powietrza udało się zmniejszyć (w przypadku miodu do 20%) lub całkowicie wyeliminować (sok z buraka, pulpa z mini kiwi) dodatek nośników suszarniczych w proszkach. Ponadto stwierdzono, że możliwość zmniejszenia lub eliminacji nośnika zależy od składu suszonego materiału, m.in. profilu cukrowego oraz zawartości innych substancji wielkocząsteczkowych, mogących spełniać rolę podwyższającą wartość Tg.

4.3.4.3. Wpływ zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na wydajność suszenia

W publikacjach **O1**, **O2**, **O4**, **O5** przedstawiono wyniki badań dotyczących suszenia rozpyłowego miodu, melasy, i soku z buraka oraz pulpy z mini kiwi. Osiągnięte wydajności podczas suszenia rozpyłowego z użyciem osuszonego powietrza (DASD) to 84,4-94,8% - miód (**O1**), 76,4-89,0% - melasa (**O5**), 75-93% - pulpa z mini kiwi (**O4**), 55-90% - sok z buraka (**O2**). Według Bhandari (1997) wysoka wydajność suszenia rozpyłowego w przypadku prób laboratoryjnych to ponad 50%. Tym samym, można stwierdzić, że uzyskano bardzo wysokie wartości wydajności. Przykładowo Murugesan i Orsat (2012) uzyskali wydajność w przedziale od 19,5 do 48,1% podczas suszenia rozpyłowego soku czarnego bzu z maltodekstryną, Islam i wsp. (2016) – od 53,0 do

63,3% w przypadku suszenia rozpyłowego soku pomarańczowego przy obniżonym ciśnieniu z użyciem maltodekstryny jako nośnika, Bhusari i wsp. (2014) – od 46,5 do 76,2% podczas suszenia rozpyłowego miazgi tamaryndowca przy pomocy maltodekstryny, gumy arabskiej oraz białka serwatkowego, Goula i Adomopoulos (2005) – od 36,6 do 65,9% podczas suszenia rozpyłowego wspomaganego osuszonym powietrzem pulpy pomidorowej z dodatkiem maltodekstryny. Przykładowe wyniki wydajności otrzymane przez innych autorów podczas suszenia miodu to: 9,7-36,6% (Nurhadi i wsp. 2012; stosunek miodu do nośników – maltodekstryna, guma arabska 50:50), 66,2-75,8% (Samborska i wsp. 2016; miód wielokwiatowy z dodatkiem maltodekstryny 50:50), 58,2-60,2% (Suhang i Nada 2016; miód z dodatkiem gumy arabskiej i ekstraktów z bazylii i flaszowca afrykańskiego).

A zatem, w przeprowadzonych badaniach osiągnięto bardzo wysokie wartości wydajności, a w szczególności zasługują na uwagę wartości otrzymane w przypadku soków z buraka oraz pulpy z mini kiwi bez użycia nośników - są to najwyższe notowane w literaturze wyniki wydajności suszenia proszków tego typu bez dodatku nośników. Przy czym, warto ponownie podkreślić, że większość autorów w ogóle nie otrzymała takich proszków bez dodatku nośników. Przykładowo Du i wsp. (2014) nie otrzymali proszku, susząc pulpę z owocu „kaki” bez nośników. W przypadku soku z buraka (**O2**) najwyższe wydajności osiągnięto susząc sok bez nośników, zarówno zagęszczony (50°Brix), jak i niezagęszczony (8°Brix), a najniższą z użyciem mleka w proszku jako nośnika.

Równie istotne wydają się być osiągnięcia opisane w publikacjach **O1** i **O5**, dotyczące suszenia miodu oraz melasy. Porównano tradycyjny proces suszenia rozpyłowego (SD) z innowacyjnym, niskotemperaturowym procesem suszenia rozpyłowego z użyciem osuszonego powietrza (DASD). Zarówno w przypadku melasy, jak i miodu stwierdzono istotnie wyższe wydajności przy zastosowaniu metody DASD (DASD miód 84,4-94,8%, SD miód 52,5-87,5%, DASD melasa 76,4- 89%, SD melasa 85,1-92,9%). Jak wcześniej wspomniano, użycie osuszonego powietrza zwiększa siłę napędową procesu i pozwala na suszenie w niskich temperaturach z efektywnym usunięciem wody, co pomimo wysokiej zawartości cukrów prostych ogranicza przywieranie proszku do ścian komory suszarniczej i przekłada się na wysoką wydajność procesu. Ponadto, Chasekioglou i wsp. (2017) wyższą wydajność suszenia z użyciem osuszonego powietrza tłumaczyli szybkim tworzeniem się stałej powierzchni cząstek, minimalizującym ich przywieranie do ścian suszarki.

W procesie suszenia DASD melasy (**O5**) usunięto 6,8 g wody/m³ powietrza, co zwiększyło siłę parowania wody. Umożliwiło to obniżenie temperatury suszenia o 100°C na wlocie i o 30°C na wylocie, co było kluczowe dla zmniejszenia kleistości. W przypadku proszków melasy SD (**O5**) zauważalne było zmniejszenie wydajności wraz ze zmniejszającym się dodatkiem nośnika, natomiast w przypadku DASD takiej tendencji nie zaobserwowano, a nawet najwyższa wydajność była w przypadku suszenia bez nośnika. Tendencję malejącej wydajności wraz ze zmniejszającym się dodatkiem nośnika w przypadku SD można wytłumaczyć tworzeniem otoczki nośnika (charakteryzującej się wyższą wartością Tg), co umożliwia bardziej efektywne suszenie w wyższych temperaturach (mniejsze osadzanie się cząstek na ściankach suszarki) (Samborska i in. 2019). Gdy stosowano niższe temperatury suszenia (warianty DASD), poniżej wartości Tg, nie było konieczne stosowanie nośników w celu zmniejszenia przywierania cząstek.

Reasumując, zastosowanie osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym istotnie zwiększa wydajność suszenia nawet w przypadku proszków o niewielkim dodatku nośnika (20%) czy w przypadku proszków bez ich udziału.

4.3.4.4. Wpływ zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na właściwości fizyczne proszków

W publikacjach **O1**, **O2**, **O4**, **O5** przedstawiono wyniki badań dotyczących suszenia rozpyłowego miodu, soku z buraka, pulpy z mini kiwi i melasy. Artykuły te są jednymi z pierwszych opisujących właściwości proszków otrzymanych innowacyjnym suszeniem rozpyłowym z użyciem osuszonego powietrza.

Proszki charakteryzowały się następującą zawartością i aktywnością wody: od 1,0 do 2,1% i od 0,074 do 0,178 - miód (**O1**), od 1,7 do 5,6% i od 0,145 do 0,276 - melasa (**O5**), od 10,3 do 14,1% i od 0,130 do 0,174 - pulpa z mini kiwi (**O4**), od 3,5 do 4,1% i od 0,107 do 0,202 - sok z buraka (**O2**). A zatem, większość otrzymanych proszków charakteryzowała się bezpiecznymi dla proszków wartościami zawartości wody (poniżej 5%) i aktywności wody (<0,3), mając na uwadze stabilność mikrobiologiczną i chemiczną (Tontul i Topuz 2017). Jedynie proszki z pulpy mini kiwi osiągały wyższe wartości zawartości wody (od 10,3 do 14,1%). Było to zgodne z wynikami Goula i Adamopoulos (2008), którzy otrzymali proszki pomidorowe (w tym również bez nośników) o zawartości wody w przedziale od 2,9 do 12,4%. Porównując zawartość i

aktywność wody proszków otrzymanych tradycyjną wysokotemperaturową metodą SD oraz innowacyjną niskotemperaturową metodą DASD, stwierdzono, że zarówno w przypadku miodu (**O1**) jak i melasy (**O5**), proszki otrzymane metodą DASD charakteryzowały się większą zawartością i aktywnością wody. Podczas tradycyjnego procesu suszenia rozpyłowego zastosowano wyższą temperaturę (temperatura powietrza na wlocie 180°C), co ułatwiło usunięcie wody z rozpylonych kropelek, w porównaniu z suszeniem rozpyłowym realizowanym za pomocą osuszonego powietrza (temperatura powietrza na wlocie 75°C).

Jednocześnie, higroskopijność proszków z melasy (**O5**) otrzymanych metodą DASD była niższa niż tych otrzymanych metodą tradycyjną SD. Higroskopijność proszków DASD wahała się od $21,3 \pm 0,8$ do $24,5 \pm 0,5\%$, natomiast proszków SD - od $26,2 \pm 1,1$ do $30,2 \pm 0,6\%$. Prawdopodobnie można to powiązać z zawartością wody. Wysoka temperatura suszenia powodowała większe odparowanie wody i tym samym zmniejszenie jej zawartości w produkcie końcowym. Proszki o niskiej zawartości wody miały większą zdolność pochłaniania wody z otoczenia. Wysoka temperatura suszenia może również powodować szybsze powstawanie cząstek proszku o strukturze amorficznej, mających tendencję do wchłaniania wody podczas przechowywania. Castro-Muñoz i in. (2015) oraz Moghaddam i in. (2017) dokonali podobnych obserwacji. Z kolei opisane w publikacji **O2** proszki na bazie soku buraka bez nośników charakteryzowały się niższymi wartościami higroskopijności niż te otrzymane z nośnikami (nutrioza, maltodektryna, mleko w proszku). Jednocześnie, w tym samym badaniu nie stwierdzono wpływu temperatury suszenia (90 lub 130°C) lub stężenia roztworu (sok niezagęszczony / sok zagęszczony) na higroskopijność. W przypadku proszków miodowych (**O1**) największą higroskopijnością charakteryzował się proszek o największej zawartości miodu (80%). Jednocześnie, proszki o 80% zawartości miodu charakteryzowały się niską temperaturą przemiany szklistej 26 (80% miodu rzepakowego, 20% NUTRIOSE®, metoda DASD) i 37°C (80% miodu spadziowego, 20% NUTRIOSE®, metoda DASD), co wskazuje na konieczność hermetycznego pakowania bezpośrednio po suszeniu oraz przechowywania w temperaturach chłodniczych (w celu ograniczenia sorpcji wody i ryzyka utraty formy szklistej).

Porównując morfologię cząstek otrzymywanych proszków zauważono, że proszki bez nośników, otrzymane na drodze nowej metody DASD, a więc 100-procentowy proszek buraczany (**O2**, Fig. 1) i 100-procentowy proszek z mini kiwi (**O4**, Fig. 1) charakteryzowały się gładką powierzchnią i regularnym kształtem. Morfologia cząstek

proszków bez nośników była wyraźnie inna w porównaniu z otrzymywanymi na drodze tradycyjnego suszenia SD z dużą zawartością nośnika, gdzie cząstki są najczęściej wklęsłe i pomarszczone (Tonon i wsp. 2008). Jednocześnie, wszystkie proszki z melasy (**O5**) otrzymane nową metodą DASD charakteryzowały się kulistymi kształtami, gładką powierzchnią, bez zauważalnej agregacji cząstek, podczas gdy w przypadku tradycyjnej metody SD proszki o 100 i 90-procentowej zawartości melasy widocznie się zbrylały. Tłumaczone to było zwiększoną siłą napędową odparowania, a więc szybszym tworzeniem powierzchni cząstek przy użyciu osuszonego powietrza. Jednocześnie, suszenie w temperaturze znacznie poniżej T_g umożliwiło zmniejszenie przywierania cząstek względem siebie i do ścian suszarki (Goula i Adamopoulos 2005). Tym samym, dzięki nowej metodzie DASD uzyskano proszki o oddzielnych, niezbrlonych cząstkach nawet w przypadku 100-procentowych proszków bez nośnika (melasa, mini kiwi, burak - **O2**, **O4**, **O5**). Analizując wartości współczynnika Hausnera (HR), świadczącego o sypkości proszków, stwierdzono, że w przypadku proszków miodowych (**O1**) i na bazie melasy (**O5**) użycie nowej metody polepszyło sypkość proszków, ponieważ charakteryzowały się one średnią kohezyjnością, pomiędzy 1,2 a 1,4 HR, nawet w przypadku proszków o 80-procentowej zawartości miodu czy 100-procentowej zawartości melasy. Z drugiej strony, analizując proszki buraczane (**O2**) odnotowano współczynniki świadczące o wysokiej kohezyjności (HR powyżej 1,4). Analizując proszki z melasy stwierdzono, że proszki otrzymane przy użyciu nowej metody były widocznie jaśniejsze, co tłumaczono niższą temperaturą suszenia i ograniczeniem zachodzenia reakcji prowadzących do brązowienia/ciemnienia.

Na podstawie metody HCA (hierarchial cluster analysis) proszków miodowych (**O1**) stwierdzono, że zawartość miodu miała większy wpływ na właściwości proszków niż rodzaj użytej metody (tradycyjna SD czy innowacyjna DASD) czy rodzaj miodu. Jednakże należy zauważyć i ponownie podkreślić, że nie było możliwe otrzymanie metodą SD proszków o obniżonej zawartości nośnika. W tej samej publikacji (**O1**), dzięki metodzie PCA (principal components analysis) stwierdzono silną dodatnią korelację (kąt pomiędzy wektorami był bliski zera) pomiędzy większością właściwości fizycznych (zawartość wody, aktywność wody, gęstości nasypowe, porowatość, higroskopijność).

Reasumując, proszki otrzymane nową metodą charakteryzowały się większą zawartością i aktywnością wody, niezależnie od użytego materiału. Jednocześnie, porównując te same warianty roztworów, proszki z melasy i miodu otrzymane z użyciem osuszonego powietrza charakteryzowały się niższą higroskopijnością, lepszą sypkością i

niezbrylonymi cząstkami. Ponadto, gładkie niezbrylone cząstki obserwowano w przypadku wszystkich analizowanych 100-procentowych proszków (buraczanych, z mini kiwi czy melasy).

4.3.4.5. Wpływ zastosowania osuszonego powietrza w suszeniu rozpyłowym na właściwości chemiczne proszków

W publikacjach **O2**, **O3** i **O4** przedstawiono wyniki badań, dotyczących suszenia rozpyłowego soku z buraka, miodu i pulpy z mini kiwi.

W publikacji **O3** opisano wpływ rodzaju metody suszenia (metoda SD vs. DASD) na właściwości chemiczne proszków miodowych. Proszki otrzymywane metodą DASD charakteryzowały się wyższą zawartością związków fenolowych i związków aromatycznych oraz większą aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu do proszków otrzymywanych metodą tradycyjną SD. Wartości analizowanych wskaźników w proszkach DASD wynosiły w przypadku zawartości związków fenolowych od 32,5 do 53,3 mg GAE/100g s.s. proszku, w przypadku właściwości przeciwutleniających metodą CUPRAC od 31,8 do 61,5 mg Trx/100g s.s. proszku oraz od 156,68 do 339,88 mg/100g s.s. proszku w przypadku zawartości związków aromatycznych. Natomiast proszki otrzymane tradycyjną metodą SD charakteryzowały się odpowiednio następującymi wartościami: od 16,5 do 34,1 od 32,5 do 53,3 mg GAE/100g s.s. proszku (związki fenolowe), od 13,2 do 65,7 mg Trx/100g s.s (CUPRAC), od 52,12 do 181,25 mg/100g s.s. proszku (związki aromatyczne). Jednocześnie stwierdzono znaczący wpływ rodzaju miodu na cechy jakościowe otrzymanych proszków. Miód spadziowy w porównaniu do miodu rzepakowego charakteryzował się większą zawartością związków fenolowych i związków aromatycznych oraz lepszym działaniem przeciwutleniającym. Z drugiej strony, PCA podzieliła proszki na dwie grupy, ze względu na rodzaj metody suszenia, czyli stwierdzono, że większy wpływ na jakość proszków miała metoda produkcji niż rodzaj miodu.

W publikacji **O3** badano wpływ temperatury suszenia (120/65 i 100/55°C – temperatura wlotowa / temperatura wylotowa) metodą DASD i odmiany mini kiwi na właściwości proszków bez nośnika. Stwierdzono większy wpływ odmiany niż temperatury suszenia na właściwości proszków. Proszki odmiany Weiki charakteryzowały się najniższą zawartością związków fenolowych i aktywnością przeciwutleniającą, natomiast proszki uzyskane z odmian Bingo i Weiki

charakteryzowały się najwyższą zawartością związków aromatycznych w porównaniu do proszków z odmiany Geneva. Nie stwierdzono istotnego wpływu temperatury na zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą proszków. W przypadku zawartości związków aromatycznych również nie stwierdzono jednoznacznej zależności pomiędzy temperaturą suszenia a ich zawartością w proszkach. Z praktycznego punktu widzenia, mając na uwadze uzyskanie proszku o korzystnych właściwościach fizykochemicznych, jest użycie odmiany Bingo (o najmniejszej higroskopijności, najlepszych właściwościach przeciwutleniających, najmniejszym zmniejszeniu zawartości związków fenolowych w porównaniu do świeżej pulpy, wysokiej zawartości związków aromatycznych i wysokiej wydajności suszenia) i przeprowadzenie suszenia rozpyłowego w temperaturze 120°C (niższa zawartość i aktywność wody, większe rozmiary cząstek, przekładające się na lepszą sypkość, wysoki poziom zawartości związków fenolowych, a właściwości przeciwutleniające i aromatyzujące nie mniejsze niż w proszkach uzyskanych w 100°C).

W przypadku proszków z buraka (**O2**) suszonych metodą DASD stwierdzono większe zatrzymanie barwników w przypadku proszków z nośnikami (zatrzymanie betalain od 77 do 84,9%) niż w przypadku wariantów bez ich udziału (zatrzymanie betalain od 60,6 do 72,3%). Potwierdzeniem tych zależności była analiza PCA, wykonana na podstawie parametrów barwy i zawartości betalain, która podzieliła proszki na dwie grupy: (1) z nośnikami i (2) bez nośników. Dodatek nośników prawdopodobnie tworzył otoczkę, która ochraniała barwniki przed działaniem wysokiej temperatury (Janiszewska-Turak, 2014).

Reasumując, stwierdzono istotny wpływ rodzaju metody suszenia na zawartość związków bioaktywnych. Nowa niskotemperaturowa metoda suszenia DASD umożliwia lepsze zatrzymanie związków bioaktywnych (związków fenolowych), związków aromatycznych, i uzyskanie wyższej aktywności przeciwutleniającej. Jednocześnie zauważono, że całkowita eliminacja nośnika może zmniejszyć zawartość związków bioaktywnych.

4.3.5. Podsumowanie

Zmniejszenie wilgotności powietrza suszącego poniżej 1 g/m^3 (gdy przykładowo zawartość wody powietrza o wilgotności 40%, w temperaturze 22°C wynosi średnio $7,7 \text{ g/m}^3$) umożliwiło efektywne prowadzenie procesu suszenia i otrzymanie wysokiej jakości proszków w temperaturze nawet $75/55^\circ\text{C}$ (wlot/wylot), podczas gdy tradycyjnie stosowane temperatury podczas suszenia rozpyłowego to $180/80^\circ\text{C}$ (wlot/wylot). Tym samym, użycie tak niskiej temperatury suszenia doprowadziło do zmniejszenia (do 20% s.s. w miódach) lub całkowitego wyeliminowania nośników suszarniczych (burak, mini kiwi). Otrzymanie proszków bez udziału nośników suszarniczych, przy efektywnie przeprowadzonym procesie suszenia (wydajność często powyżej 90%) i wysokiej jakości proszków, nie było do tej porze opisane w literaturze. Ponadto, możliwe okazało się również efektywne zastosowanie jako nośnika suszarniczego rozpuszczalnego błonnika o właściwościach prebiotycznych (NUTRIOSE®).

Suszenie rozpyłowe przy użyciu nowej technologii DASD przebiegało bardzo efektywnie, z wydajnością nawet 90-94% (melasa, miód, mini kiwi, burak). Jednocześnie, proszki otrzymane metodą DASD charakteryzowały się odpowiednią jakością, bezpieczną zawartością i aktywnością wody (poniżej 5% i 0,3, z wyłączeniem proszków z mini kiwi, które cechowały się większą zawartością wody), niejednokrotnie niższą higroskopijnością i lepszą sypkością od tych otrzymanych metodą tradycyjną. Proszki uzyskane nową metodą (DASD) były jaśniejsze oraz miały gładkie powierzchnie. Proszki miodowe DASD charakteryzowały się wyższą zawartością związków fenolowych i związków aromatycznych oraz większą aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu do proszków otrzymywanych metodą tradycyjną SD. Najciekawszym wariantem w przypadku proszków buraczanych był ten bez dodatku nośników, uzyskany w temperaturze 130°C . Charakteryzował się on wysoką wydajnością (90%), odpowiednią zawartością wody (4%), retencją betalainy na poziomie 71% i średnią sypkością. W przypadku suszenia pulpy z mini kiwi, z praktycznego punktu widzenia, mając na uwadze uzyskanie proszku o korzystnych właściwościach fizykochemicznych, najkorzystniejsze jest użycie odmiany Bingo. Proszki tej odmiany charakteryzowały się najmniejszą higroskopijnością, najlepszymi właściwościami przeciwutleniającymi, najmniejszą degradacją związków fenolowych w porównaniu do świeżej pulpy, wysoką zawartością związków aromatycznych i dużą wydajnością suszenia. Korzystniejsze też było suszenie w temperaturze 120°C , ponieważ proszki te charakteryzowały się niższą zawartością i

aktywnością wody, większymi rozmiarami cząstek, a więc lepszą sypkością, wysokim poziomem zawartości związków fenolowych, a właściwościami przeciwutleniającymi i aromatyzującymi nie niższymi niż w proszkach uzyskanych w temperaturze 100°C.

Reasumując, stwierdzono, że nowa metoda suszenia rozpyłowego z użyciem osuszonego powietrza umożliwia wysuszenie produktów o niskiej wartości Tg z niewielkim udziałem nośników lub całkowicie bez ich udziału, przy wysokiej wydajności procesu (wyższej niż w przypadku tradycyjnego SD) oraz dobrej jakości otrzymanych proszków.

Pomimo wielu zalet, nowa metoda DASD ma również pewne ograniczenia. Wysokie koszty osuszania powietrza mogą limitować użycie osuszonego powietrza na skalę przemysłową. Jednocześnie, istotne zmniejszenie zawartości nośników (do 20%) lub ich całkowite wyeliminowanie, wpływa na niską wartość Tg finalnych proszków, a tym samym na podatność do przechodzenia w stan gumowaty w temperaturach bliskich temperaturze otoczenia. To determinuje konieczność zastosowania opakowań o dużej barierowości (aby zapobiec sorpcji wody, która powoduje dalsze obniżanie Tg), a nawet chłodniczych warunków przechowywania. Dodatkowo, jak pokazują badania, dodatek nośników prawdopodobnie tworzy otoczkę, która ochrania barwniki i inne substancje aktywne przed działaniem wysokiej temperatury, a także w trakcie przechowywania. A zatem, w dalszym ciągu otwarte jest pytanie, czy produkcja proszków bez nośników jest zawsze zasadna. Te zagadnienia będą analizowane przeze mnie i mój zespół badawczy w dalszym toku mojej kariery naukowej.

4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych

W obszarze moich zainteresowań naukowych można wyróżnić kilka kierunków badawczych, wchodzących w obszar badań z zakresu inżynierii oraz technologii żywności. Moje badania skupione są głównie wokół żywności w formie proszków. Zajmuję się procesem mikrokapsułkowania, innowacjami w suszeniu rozpyłowym (w zakresie m.in. zmian technologicznych, jak suszenie rozpyłowe osuszonym powietrzem, obróbka wstępna - PEF oraz homogenizacja, nowe nośniki - błonnik, mleko w proszku), innowacyjnymi metodami analizy proszków (m.in. FTIR). Moim głównym tematem jest suszenie materiałów tzw. „trudnych do suszenia”, tzn. o wysokiej zawartości cukrów oraz kwasów (miód, soki owocowe). Interesuje mnie również suszenie aromatów spożywczych, w tym olejków cytrusowych, które także są przez specjalistów uznawane jako materiał „trudny do suszenia” (prace nad poprawą jakości aromatów prowadziłam,

odbywając staż naukowy w firmie „Pollena-Aroma”). Do innych kierunków badawczych należą również innowacje w technologii soków, prowadzące do np. stworzenia soków o obniżonej zawartości cukrów (zadanie realizowałam jako wykonawca grantu „Opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnych prozdrowotnych soków” (01.04.2018-30.09-2018) w ramach programu „Inkubator Innowacyjności”). Ciekawi mnie również szersze spojrzenie na tematykę technologii żywności, z punktu widzenia etycznego i filozoficznego. Interesował mnie chociażby etyczny aspekt zrównoważonego rozwoju, nanotechnologii czy dodatku związków aromatycznych do żywności i ich zapis na etykietach. Zagadnienia te były poruszane na konferencjach dla młodych pracowników nauki („Filozoficzna i aksjologiczna perspektywa zagadnień dotyczących przyrody i człowieka”, „How not to get lost in human space?”), których byłam głównym organizatorem.

Poniżej przedstawiam kierunki moich zainteresowań naukowych, wraz z najważniejszymi osiągnięciami w poszczególnych tematach.

4.4.1. Mikrokapsułkowanie aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego

Badania nad mikrokapsułkowaniem aromatów prowadziłam w trakcie realizacji pracy doktorskiej, przy ścisłej współpracy z firmą „Pollena-Aroma”, gdzie odbywałam początkowo staż naukowy, a następnie pracowałam jako specjalista ds. aromatów proszkowych. Efektem badań są publikacje (**M4, A4, A5, A8, A11, A17, A22, A33**) oraz kilkadziesiąt ulepszonych receptur aromatów proszkowych, wprowadzonych na linie produkcyjne firmy „Pollena-Aroma”. W tych badaniach analizowano dobór warunków procesu mikrokapsułkowania aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego w skali laboratoryjnej i w warunkach przemysłowych. Dobór ten uwzględniał następujące elementy: skład chemiczny części aromatycznej, sposób przygotowania roztworu do suszenia, rodzaj suszarki, miejsce odbioru proszku. Zakres prac obejmował m.in.: (1) badania laboratoryjne, polegające na suszeniu i analizie modelowych aromatów waniliowych oraz cytrusowych o różnych recepturach, z utrzymaniem charakterystycznej nuty aromatycznej, zróżnicowanych dodatkowo miejscem odbioru proszku z suszarki, (2) analizę aromatów produkcyjnych (pomarańczowych, grapefruitowych, waniliowych i malinowych), pobranych z linii m.in. firmy „Pollena-Aroma”, zróżnicowanych dodatkowo sposobem przygotowania roztworu do suszenia oraz miejscem odbioru

proszku z suszarki, (3) badaniami polegającymi na poprawie jakości aromatów cytrusowych poprzez zmianę rodzaju substancji nośnikowych czy wprowadzeniu nowej obróbki wstępnej (homogenizacji ciśnieniowej), (4) analizę zapisów prawnych odnośnie aromatów na etykietach produktów spożywczych.

Stworzono charakterystykę fizykochemiczną produkowanych aromatów o różnym składzie części aromatycznej (aromatów waniliowych, cytrynowych, pomarańczowych, grapefruitowych i malinowych). Stwierdzono, że poszczególne aromaty charakteryzowały się istotnie różnymi właściwościami fizycznymi (m.in. występowały istotne różnice w sypkości, rozkładzie wielkości cząstek i gęstości nasypowych). Otrzymana charakterystyka była przydatna w planowaniu procesów produkcyjnych, tak aby kreator aromatów już na etapie tworzenia receptury mógł przewidzieć przebieg procesu suszenia (np. występowanie spieków suszarniczych), jego wydajność i właściwości uzyskanych proszków (np. podatność na zbrylanie, pylistość czy segregację przy łączeniu z innymi sypkimi produktami). Ponadto, stwierdzono istotny wpływ składu chemicznego (związków aromatycznych, rozpuszczalników części aromatycznej oraz nośników suszarniczych) na przebieg suszenia, wydajność i jakość otrzymanych proszków. W efekcie zalecono optymalizację procesu suszenia aromatów na zasadzie indywidualnego podejścia do poszczególnych rodzajów aromatów w zależności do składu części aromatycznej. Zarówno w przypadku aromatów uzyskanych w skali laboratoryjnej, jak i przemysłowej stwierdzono różnice we właściwościach fizycznych proszków pobranych z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej (m.in. zróżnicowanie w rozkładzie wielkości cząstek, zawartości wody, sypkości, porowatości i barwie). Istotne różnice we właściwościach fizycznych proszków pobranych z odbieralnika i komory suszarki rozpyłowej mogą sugerować, że nie jest wskazane mieszanie tych proszków po procesie suszenia, co jest powszechne w praktyce przemysłowej. Zawartość związków aromatycznych w aromatach proszkowych była spowodowana lotnością tych związków, ale również przebiegiem w trakcie suszenia różnych reakcji chemicznych pomiędzy związkami aromatycznymi, co doprowadziło do zmniejszenia zawartości niektórych z nich, nawet o kilkadziesiąt procent, i wzrostu zawartości innych do wartości ponad stuprocentowej, w porównaniu z zawartością w roztworze podawanym do suszenia. Stwierdzono jednak, że nie należy traktować tych zjawisk jako niekorzystne. Są one wręcz typowe i niezbędne, aby uzyskać odpowiednie nuty smakowo-zapachowe. Z uwagi na różnokierunkowe przemiany związków aromatycznych w trakcie suszenia, warto podkreślić utrudnione wnioskowanie odnośnie

całkowitego procentowego zamknięcia związków aromatycznych (szczególnie w przypadku aromatów o bardzo rozbudowanej recepturze). Nie stwierdzono jednoznacznej poprawy jakości aromatów cytrusowych (pomarańczowych i grapefruitowych) poprzez zastąpienie mieszania, jako sposobu przygotowania roztworu do suszenia, ciśnieniową homogenizacją jednostopniową oraz dwustopniową.

4.4.2. Otrzymanie preparatów miodowych w proszku

Ten temat badawczy realizowałam podczas realizacji pracy magisterskiej pod kierunkiem dr hab. Katarzyny Samborskiej, a następnie na początkowym etapie studiów doktoranckich (szukałam możliwości zwiększenia zawartości miodu w proszku dzięki obniżeniu zawartości cukrów prostych na drodze fermentacji alkoholowej), a także, po rozpoczęciu współpracy z firmą MASPEX w 2017 r., kiedy brałam udział w wykonaniu badań zleconych związanych z opracowaniem suszenia rozpyłowego koncentratu jabłkowego z użyciem osuszonego powietrza. Wyniki badań wykonywanych w zakresie suszenia preparatów miodowych pod kierunkiem dr hab. Katarzyny Samborskiej przedstawiono w licznych publikacjach: **A1, A2, A3, A6, A7, A9, A12, A14, A15**. Ponadto, ich efektem jest patent **P1** pt. „Sposób otrzymywania proszku miodowego”. **Zadanie Badawcze Miniatura 6** pt. „Badanie mechanizmu niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego osuszonym powietrzem, w oparciu o koncepcję przemiany szklistej”, którego byłam kierownikiem, również był kontynuacją tych badań i dotyczył roztworów modelowych miodu.

Ograniczone zastosowanie miodu w przemyśle spożywczym wynika z jego lepkiej konsystencji i problemów z dozowaniem. Dodatkowo, miód krystalizuje i konieczne jest jego powtórne upłynnianie (Batenson 1990, Zheng-Wei i in. 2008). Występowanie tych problemów jest w znaczny sposób ograniczone w przypadku zastosowania preparatów suszonych. Zalety takich preparatów to łatwość dozowania, transportu, utrzymania higieniczności procesu produkcyjnego (Batenson 1990, Zheng-Wei i in. 2008). Dzięki niskiej zawartości wody mogą być mieszane z innymi suszonymi produktami, np. przyprawami, i wchodzić w skład szeregu produktów spożywczych oraz suplementów diety. Mogą być także używane jako środek słodzący w produktach dietetycznych. Wsuszenie miodu jest zadaniem trudnym, ponieważ wysoka zawartość cukrów prostych decyduje o obniżeniu T_g i występowaniu materiału w stanie gumowatym, nawet przy niskiej zawartości wody. W rezultacie następuje oklejanie

komory suszarniczej i przypalanie proszku podczas suszenia. Jednym ze sposobów uniknięcia tego zjawiska jest zastosowanie wysokocząsteczkowych nośników, podwyższających temperaturę przemiany szklistej (T_g), np. maltodekstryny. Duży problem podczas suszenia miodu stanowi ustalenie odpowiedniej zawartości nośnika, zawartości suchej substancji w roztworze wyjściowym oraz parametrów suszenia. Dąży się do uzyskania produktu o jak największej zawartości miodu z zachowaniem jego wartości odżywczych oraz charakterystycznego smaku i aromatu. Równie ważne są właściwości fizyczne otrzymanych proszków.

Celem badań ujętych w tym osiągnięciu było otrzymanie proszków na bazie miodu pszczelego metodami suszenia rozpyłowego i sublimacyjnego oraz zbadanie ich właściwości fizycznych i biologicznych. W celu dokładnego poznania problemu suszono również roztwory modelowe miodu, na bazie glukozy i fruktozy. Stosowano różne metody obróbki wstępnej roztworu przed suszeniem, nośniki oraz metody suszenia, aby umożliwić wysuszenie miodu, jak również zwiększyć jego udział w proszku. Były to badania nad: zmniejszeniem zawartości cukrów prostych w roztworach miodów metodą fermentacji alkoholowej; użyciem osuszonego powietrza przy suszeniu rozpyłowym; użyciem innowacyjnych nośników, jak mleko w proszku czy nutrioza dodatkowo zgodnych z trendem „clean label”. Najważniejsze osiągnięcia w tym temacie to: (1) uzyskanie proszku na bazie miodu o 80% (w s.s., w/w) jego zawartości z dodatkiem mleka w proszku (rozwiązanie chronione patentem **P1**, prezentowane na targach Ptak Warsaw Expo 2019); stwierdzenie, że biologiczne właściwości miodu zawartego w preparacie są na poziomie miodu w płynie, (2) uzyskanie 80% proszku na bazie miodu z użyciem suszenia rozpyłowego wspomaganego osuszonym powietrzem, (3) uzyskanie preparatu z miodem w proszku na bazie błonnika (na bazie opublikowanych artykułów produkt został wdrożony na rynku przez firmę Microblic pod nazwą „Mel Pulveris”), (4) zbadanie, na przykładzie roztworów modelowych miodu, mechanizmu niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego osuszonym powietrzem, w oparciu o koncepcję przemiany szklistej (Projekt Miniatura 6).

4.4.3. Innowacje w suszeniu rozpyłowym

Suszenie rozpyłowe przez cały okres mojej działalności naukowej pozostawało w centrum moich zainteresowań. Innowacje w suszeniu rozpyłowym zostały przedstawione wielokierunkowo w artykule przeglądowym (**A27**), którego byłam współautorką. W artykule przedstawiono przegląd literatury dotyczący modyfikacji i najnowszych

osiągnięć w dziedzinie suszenia rozpyłowego. Zaobserwowano wielotorową ewolucję systemu suszenia rozpyłowego, mającą na celu przezwyciężenie wad konwencjonalnego systemu suszenia rozpyłowego. Jednocześnie, stwierdzono, że znalezienie uniwersalnego rozwiązania wydaje się być niemożliwe i należy je wybrać w oparciu o wymagania procesu i końcowego produktu. Przykładowo, aby ograniczyć degradację termiczną, można zastosować suszenie rozpyłowe pod obniżonym ciśnieniem, z osuszonym powietrzem, dyszami ultradźwiękowymi lub w skali nano.

Badania naukowe z tej tematyki były prowadzone przeze mnie w kilku zespołach badawczych i obejmowały innowacje w zakresie: (1) użytej obróbki wstępnej przed suszeniem rozpyłowym (artykuły **A20**, **A14**), (2) parametrów suszenia rozpyłowego, (artykuły **M5**, **A20**, **A21**, **A26**), (3) metod analizy proszków (artykuły **A28**, **A32**).

W pierwszym wyróżnionym obszarze zajmowano się m.in. analizą jakości wyciskanego soku z czerwonej papryki, poddanej działaniu impulsowego pola elektrycznego (PEF) oraz oceną jakości otrzymanych po suszeniu rozpyłowym proszków (**A20**). Soki wyciśnięte z materiału poddanego obróbce PEF charakteryzowały się wartością ekstraktu na tym samym poziomie co w próbce kontrolnej, mniejszą przewodnością elektryczną i pH i większym zmętnieniem i lepkością w porównaniu z materiałem bez obróbki. Sok z papryki poddanej obróbce PEF wykazywał większą zawartość witaminy C i mniejszą całkowitą zawartość związków polifenolowych. Proszki otrzymane z soku poddanego obróbce PEF charakteryzowały się większą retencją witaminy C i karotenoidów, ale mniejszym poziomem polifenoli. Częsteczki proszku uzyskane z papryki poddanej działaniu energii 3 kJ/kg charakteryzowały się znacznie większymi średnicami w porównaniu z materiałem kontrolnym. Tylko proszki otrzymane z materiału poddanego wstępnej obróbce PEF o energii 1 kJ/kg wykazywały mniejszą higroskopijność w porównaniu do materiału referencyjnego.

W drugim wyróżnionym obszarze, związanym z innowacjami w suszeniu rozpyłowym, opublikowano wiele badań wykonanych z moim zespołem (w skład którego wchodzi m.in. dr hab. Katarzyna Samborska i mgr inż. Alicja Barańska). Na szczególną uwagę zwraca artykuł **A21**, stanowiący drugą część badań przedstawionych w publikacji **O5** (z głównego osiągnięcia), i dotyczący analizy związków aromatycznych w proszkach z melasy trzcinowej, otrzymanych tradycyjną wysokotemperaturową metodą suszenia rozpyłowego i niskotemperaturową metodą DASD. Stwierdzono, że retencja związków aromatycznych zależała od metody suszenia, ilości dodanego nośnika, a także od pochodzenia związków. W przypadku związków związanych z procesem fermentacji

retencja była większa po suszeniu rozpyłowym w wysokiej temperaturze. Natomiast związki lotne, które mogły dodatkowo wytworzyć się podczas suszenia rozpyłowego, a więc produkty reakcji Maillarda i reakcji karmelizacji, występowały częściej w próbkach suszonych w niższej temperaturze. Jak wyjaśniono, to sprzeczne zjawisko można powiązać z większym odparowaniem w wyższej temperaturze, a także z faktem, że cząstki powstałe w wyższej temperaturze uległy częściowemu zniszczeniu (co było widoczne na zdjęciach SEM). Obecność nośnika zwiększyła zawartość lotnych związków aromatycznych w proszkach po suszeniu rozpyłowym w niskiej temperaturze – wielkocząsteczkowy nośnik ochronił rdzeń materiału. Zatem, najkorzystniejsze było jednoczesne zastosowanie innowacyjnej metody niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego DASD, z jednoczesnym użyciem nośnika.

W trzecim wyróżnionym obszarze, związanym z innowacjami w suszeniu rozpyłowym, badania wykonywano we współpracy z naukowcami z Arkadiuszem Matwiczukiem i Krzysztofem Przybyłem. Efektem współpracy są artykuły **A32** i **A28**. W badaniach przedstawionych w artykule **A32** analizowano proszki porzeczkowe uzyskane metodą DASD z dodatkiem różnych nośników (guma arabska, maltodekstryna, inulina, białko serwatkowe, błonnik, celuloza mikrokrystaliczna) w ilości 30 lub 50%. Celem pracy było stworzenie modeli uczenia maszynowego w celu rozpoznawania indywidualnych próbek proszków na podstawie barwy i analizy FTIR. Uczenie maszynowe okazało się skutecznym sposobem do mierzenia autentyczności i jakości proszków spożywczych. Stwierdzono, że taka technika może obniżyć koszty operacyjne oraz koszty energetyczne, jednocześnie zwiększając wydajność produkcji. W artykule **A28** analizowano możliwość wykorzystania spektrometrii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) w połączeniu z analizą chemometryczną, jako szybkiej metody klasyfikacji proszków miodowych pod względem zawartości nich miodu, rodzaju rozcieńczalnika (woda lub odtłuszczone mleko) i nośnika (maltodekstryna lub odtłuszczone mleko w proszku). Zbadano jedenaście wariantów proszków miodowych, zawierających różną ilość miodu, różne nośniki i rozcieńczalniki, i porównano je z czystym miodem i materiałami nośnikowymi. Dane widmowe FTIR uzyskano dla obszaru "fingerprint" ($1800-750\text{ cm}^{-1}$) i obszaru rozszerzonego ($3600-750\text{ cm}^{-1}$). Chemometryczne różnicowanie próbek uzyskano za pomocą analizy głównych składowych (PCA), hierarchicznej analizy skupień (HCA), liniowej analizy dyskryminacyjnej (LDA) i analizy dyskryminacyjnej częściowych najmniejszych kwadratów (PLS-DA). W rezultacie zauważono, że przy klasyfikacji próbek największe

znaczenie ma rodzaj użytego nośnika suszarniczego. Analiza głównych składowych (PCA) podzieliła próbki ze względu na rodzaj nośnika, a dodatkowo wśród proszków na bazie maltodekstryny na różne rodzaje rozpuszczalnika. Analizy PCA-LDA i PLS-DA podzieliły proszki na 4 klasy oraz wykazały wysoki stopień dyskryminacji między próbkami, przy 100-procentowym poprawnym ogólnym współczynniku klasyfikacji próbek.

4.4.4. Innowacje w technologii soków

Badania prowadziłam w zespole pod kierunkiem dr hab. Katarzyny Samborskiej oraz jako wykonawca grantu „Opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnych prozdrowotnych soków” (01.04.2018-30.09-2018) w ramach programu „Inkubator Innowacyjności”.

Soki owocowe stanowią ważny element diety zarówno dorosłych, jak i dzieci, a także osób ze specjalnymi potrzebami żywieniowymi. Soki są źródłem cennych witamin, przeciwutleniaczy i minerałów. Jednocześnie są bardzo kaloryczne i zawierają wysoką zawartość cukrów (w soku jabłkowym średnio 45 kcal i 9,6 g w 100 g), podobnie jak napoje słodzone. W artykule **A10** zaproponowano produkcję mętneho soku jabłkowo-żurawinowego o obniżonej zawartości cukrów, przez zastosowanie utrafiltracji i diafiltracji. Zastosowano membranę ceramiczną (MWCO 15 kDa), w konfiguracji przepływu krzyżowego, a retentat traktowano jako produkt końcowy. Sok przed i po obróbce membranowej scharakteryzowano pod kątem zawartości ekstraktu, zawartości glukozy i fruktozy, gęstości, kwasowości, całkowitej zawartości związków polifenolowych, aktywności przeciwrodnikowej, parametrów barwy oraz widm FTIR. Transmisja cukrów po utrafiltracji wyniosła 24%, a po diafiltracji osiągnęła 36%. Procent referencyjnego spożycia cukrów związany ze spożyciem 250 ml porcji uzyskanych produktów obniżył się z 27,0 do 20,7 i 15,7% odpowiednio po utrafiltracji i diafiltracji.

W artykule **A13** przedstawiono wyniki badań wskazujące na to, że przy użyciu utrafiltracji udało się zmniejszyć zawartość cukrów w soku z jednoczesnym zatrzymaniem błonnika. Taka obróbka daje możliwość ograniczenia wytwarzania odpadów podczas przetwarzania soku, ponieważ w tradycyjnym podejściu frakcja mętne (retentat) jest zwykle traktowana jako odpad po etapie klarowania. Przy czym jednocześnie, frakcja ta może stanowić wartościowy produkt, ze względu na wysoką zawartość błonnika i po częściowym usunięciu cukrów. Po procesie utrafiltracji mętneho

soku jabłkowego całkowita zawartość ekstraktu (w retentacie po ultrafiltracji) zmniejszyła się z wartości wyjściowych odpowiednio 11,0 i 10,4% do 9,2 i 8,8%. Natomiast w przypadku soku mętnego z buraków i jabłek zmniejszyła się odpowiednio z 11,4 i 8,2 do 8,7 i 5,8%. Jednocześnie zatrzymano i zatężono frakcję mętną. Retencja rozpuszczalnych składników suchej substancji i cukrów po ultrafiltracji soku jabłkowego wynosiła odpowiednio 66 i 67%, co oznacza, że w permeacie znalazło się 34% rozpuszczalnych składników suchej substancji i 33% cukrów. W soku buraczano-jabłkowym zatrzymano 68 i 71% odpowiednio rozpuszczalnych składników suchej substancji i cukrów.

4.4.5. Zagadnienia etyczne w technologii żywności

W monografiach (**M1, M2, M3**) pokonferencyjnych z cyklu „Filozoficzne aspekty nauk przyrodniczych” opisywane są relacje między człowiekiem a środowiskiem, w toku nowoczesnego myślenia popularnie nazywanego myśleniem ekologicznym. Używany termin „środowisko” określa istniejący system, z którym ludzie są powiązani i którego stanowią część. Terminem „przestrzeń” określono wirtualny system, który istnieje w umyśle człowieka, a także zbiorowych umysłach społeczeństw i narodów, w aspekcie ich postrzegania i doświadczania otoczenia poprzez rozumienie i wartościowanie. Obydwa pojęcia – środowisko i przestrzeń – pomagają zrozumieć sytuację człowieka i dają wgląd w relacje, w jakie jest on uwikłany. Sugerują także, że człowieka należy postrzegać zarówno w aspekcie fizycznym, jak i duchowym, i inspirują do refleksji nad powiązaniem obu wymiarów. W rozdziałach monografii (**M1, M2, M3**) zajmuję się aspektem zrównoważonego rozwoju, nanotechnologii czy dodatku związków aromatycznych do żywności i ich zapisu na etykietach. Zagadnienia te były poruszane na dwóch konferencjach dla młodych pracowników nauki („Filozoficzna i aksjologiczna perspektywa zagadnień dotyczących przyrody i człowieka”, „How not to get lost in human space?”), których byłam głównym organizatorem.

Literatura

- Bateson G.F. (1990): Methods for drying honey and molasses. United States Patent, Patent Number 4, 919, 956
- Bhandari B.R., Datta N., Crooks R., Howes T. (1997): A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15 (10), 2509-2525
- Bhusari S., Muzaffar K., Kumar P. (2014): Effect of Carrier Agents on Physical and Microstructural Properties of Spray Dried Tamarind Pulp Powder. *Powder Technology*, 266, 354-364.
- Cano-Chauca M., Stringheta P.C., Ramos A.M., Cal-Vidal J. (2005): Effect of the Carriers on the Microstructure of Mango Powder Obtained by Spray Drying and Its Functional Characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 420-428.
- Castro-Muñoz R., Barragán-Huerta B.E., Yáñez-Fernández J. (2015): Use of gelatin-maltodextrin composite as an encapsulation support for clarified juice from purple cactus pear (*Opuntia stricta*). *LWT - Food Science and Technology*, 62, 242-248
- Chasekioglou A.N., Goula A., Adamopoulos K.G., Lazarides H.N. (2017): An approach to turn olive mill wastewater into a valuable food by-product based on spray drying in dehumidified air using drying aids. *Powder Technology*, 311, 376-389
- Cuq B., Rondet E., Abecassis J. (2011): Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. *Powder Technology*, 208(2), 244-251.
- Du J., Ge Z., Xu Z., Zou B., Zhang, Y., Li C. (2014): Comparison of the Efficiency of Five Different Drying Carriers on the Spray Drying of Persimmon Pulp Powders. *Drying Technology*, 32, 1157-1166.
- Goula A.M., Adamopoulos K.G. (2005): Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*, 66, 35-42
- Goula A.M., Adamopoulos K.G. (2008): Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology*, 26, 726-737
- Goula A.M., Adamopoulos K.G. (2010): A new technique for spray drying orange juice

- Islam M., Kitamura Y., Yamano Y., Kitamura M. (2016): Effect of Vacuum Spray Drying on the Physicochemical Properties, Water Sorption and Glass Transition Phenomenon of Orange Juice Powder. *Journal of Food Engineering* 169, 131-140.
- Janiszewska E., Cupial D., Witrowa-Rajchert D. (2008): Wpływ parametrów suszenia rozpyłowego na jakość hydrolizatu białkowego. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 15(5), 206-216.
- Janiszewska-Turak E. (2014): Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Tehcnology*, 264, 190-196
- Lefranc-Millot C. (2008). Nutriose 06: a useful soluble fibre for added nutritional value. *Nutrition Bulletin*, 33 (3), 234-239
- Lewicki P.P., Lenart A., Kowalczyk R., Pałacha Z. (2017): Suszenie. Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego (red. P.P. Lewicki), PWN, Warszawa, 359-391
- Marugesan R., Orsat V. (2012): Spray drying of elderberry (*Sambucus nigra* L.) Juice to maintain its phenolic content. *Drying Technology*, 29, 1729-1740
- Moghaddam A.D., Pero M., Askari G.R. (2017): Optimizing spray drying conditions of sour cherry juice based on physicochemical properties, using response surface methodology (RSM). *Journal of Food Science and Technology*, 54, 174-184
- Noel, R., Ring S.G Whittam M.A. (1990): Glass transitions in low-moisture foods. *Trends in Food Science & Technology*, 1, 62-67
- Nurhadi B. Andoyo R., Indarto R. (2012): Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *International Food Research Journal*, 19 (3), 907-912
- Patel R.P., Patel M.P., Suthar A.M. (2009): Spray drying technology: an overview. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(10), 44-47.
- Phisut N. (2012): Spray drying technique of fruit juice powder. *International Food Research Journal*, 119(4), 1297-1306.
- Piątkowski M., Zbiciński I. (2010): Płomieniowe suszenie rozpyłowe. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 49 (1), 87-88.
- Roos Y., Karel M., Kokini J. (1996): Glass transitions in low moisture and foods: Effects on shelf life and quality. *Food Technology* 50, 95-108.
- Samborska K., Śledź, M., Witrowa-Rajchert D. (2016): Method for honey drying. Patent 222 559, Poland.

- Samborska K., Wiktor A., Jedlińska A., Matwijczuk A., Jamróz W., Skwarczyńska-Maj K., Kielczewski D., Tułodziecki M., Błażowski Ł., Witrowa-Rajchert D. (2019): Development and characterization of physical properties of honey-rich powder. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 78-86
- Samborska K., Gajek P., Kamińska-Dwórznińska A. (2015): Spray drying of honey: the effect of drying aids on powder properties. *Polish Journal Food and Nutrition Sciences* 62 (2), 109-118.
- 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 and Technology*, 65, 49-67
- Shrestha A.K., Ua-arak T., Adhikari B.P., Howes T., Bhandari B.R. (2007): Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *Int. Journal of Food Properties*, 10, 661-673
- Suhag Y., Nanda V. (2016) Evaluation of different Carrier agents with respect to physico-chemical, functional and morphological characteristics of spray dried nutritionally rich honey powder. *Journal of Food Process. Preservation.*, 40 (6), 1429–1437
- Tonon R.V., Brabet C., Hubinger M.D. (2008): Influence of Process Conditions on the Physicochemical Properties of Açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) Powder Produced by Spray Drying. *Journal of Food Engineering*, 88, 411-418.
- Tontul I., Topuz A. (2017): Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends of Food Sciences & Technology*, 63, 91-102.
- Zheng-Wei C., Li-Juan S., Wei Ch., Da-Wen S. (2008): Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 84, 582-590

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W latach 2011-2014 odbywałam staż naukowy w Fabryce Substancji Zapachowych „Pollena Aroma”. Praca w Laboratorium Kreacji i Aplikacji Aromatów Spożywczych polegała na polepszeniu receptur aromatów proszkowych, przenoszeniu skali laboratoryjnej na skalę produkcyjną, przekazywaniu wytycznych pracownikom produkcyjnym. Równocześnie przy współpracy z firmą „Pollena-Aroma” realizowałam pracę doktorską „Optymalizacja otrzymywania proszkowych aromatów spożywczych w skali laboratoryjnej i w warunkach przemysłowych. Efektem pracy są liczne publikacje (A5, A8, A11, A17, A22, A33) i doniesienia na konferencjach.

W 2014 r. odbyłam 3-miesięczny staż na Universite de Bourgogne - Agrosup Dijon we Francji w ramach programu „Erasmus Praktyki”, gdzie współpracowałam z prof. Anne-Marie Seuvre i prof. Andre Voilley. Celem stażu było opracowanie metody oznaczania związków aromatycznych w aromatach proszkowych, produkowanych przez firmę „Pollena-Aroma”. Efektem stażu są publikacje (M4, A11, A17) i udział w 2014 r. w jednej z najważniejszych tematycznych konferencji - IDS'2014, 9th International Drying Symposium (Lyon, France).

W 2022 r. odbyłam w ramach projektu NAWA „PROM” miesięczny staż we Włoszech (Department of Agricultural and Food Sciences, Università di Bologna), gdzie współpracowałam z prof. Urszulą Tylewicz i miałam możliwość poznać nową technikę „Vacuum impregnation” oraz wykonać analizę DSC proszków truskawkowych. Uzyskane wyniki prezentowałam na jednej z najważniejszych międzynarodowych konferencji tematycznych - EuroDrying 2023.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Moje obowiązki dydaktyczne związane są ze specjalnością inżynieria żywności. Prowadzę zajęcia laboratoryjne oraz wykłady na kierunkach: technologia żywności i żywienie człowieka, bezpieczeństwo żywności, biotechnologia i towaroznawstwo w biogospodarce.

W roku akademickim 2018/2019 i 2019/2020 byłam koordynatorem przedmiotu „Właściwości fizyczne produktów spożywczych”. Opracowałam ćwiczenie pt. „Projektowanie cech sensorycznych” w ramach przedmiotu „Żywność projektowana”. Przygotowałam i prowadzę wykład pt.: „Innowacje w suszeniu rozpyłowym” w ramach przedmiotu „Innowacyjne procesy i aparatura w inżynierii żywności” oraz wykłady w języku angielskim w ramach współpracy z Uczelnią Chińską w Bohai - „The sensory evaluation of food” i „Physical properties of powders”, przedmiot „Physical properties of food”. Od 2017 r. prowadzę i koordynuję w języku polskim i angielskim przedmioty na Uczelni Vistula na kierunku „Dietetyka” – „Procesy i urządzenia w przetwórstwie spożywczym”, „Analiza i Ocena Jakości Żywności”, „Processes and equipment in food industry”, „Food quality analysis and evaluation”.

Byłam opiekunem badań realizowanych przez studentów z Koła Naukowego Technologów Żywności (październik-grudzień 2019). Byłam opiekunem profesora wizytującego Prof. Amr Edris z National Research Centre w Egipcie (3 miesiące październik-listopad 2019).

Byłam promotorem 8 prac inżynierskich i 4 prac magisterskich realizowanych na Wydziale Nauk o Żywności. Jestem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej mgr inż. Alicji Barańskiej pt.: „Niskotemperaturowe suszenie rozpyłowe jako metoda otrzymywania innowacyjnych proszków spożywczych” (kształcenie w Szkole Doktorskiej 2019-2023).

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

W latach 2011 i 2012 byłam głównym organizatorem dwóch konferencji dla młodych pracowników nauki „Filozoficzna i aksjologiczna perspektywa zagadnień dotyczących przyrody i człowieka”, oraz „How not to get lost in human space?” z zakresu filozoficznych aspektów nauk przyrodniczych. W 2012 r. był członkiem Komitetu Organizacyjnego III Sympozjum Inżynierii Żywności. W 2023 r. byłam członkiem Komitetu Organizacyjnego Międzynarodowej XXVII Sesji Naukowej Sekcji Młodej Kadry Naukowej – Rozwój Nauk o Żywności. Zrównoważona przyszłość (Xth International Session of Young Scientific Staff – Food Science Development. Sustainable Future).

Corocznie angażuję się w organizację stoiska wydziałowego podczas Dni SGGW, (w 2019 r. jako jeden z dwóch koordynatorów z ramienia Katedry). Byłam jednym z głównych organizatorów stoiska „Miód w proszku SGGW” na targach FOOD EXPO (INNOVATION & INSPIRATION EXPO 12-14.09.2019). W 2022 r. współorganizowałam na Wydziale Technologii Żywności spotkanie w ramach wydziałowej akcji „Róbmy fajne rzeczy wspólnie” (akcja promocyjna, jednocząca społeczność akademicką). W 2019 r. byłam osobą wyznaczoną z ramienia Katedry do koordynowania praktyk studenckich. Byłam opiekunem roku kierunku technologia żywności i żywienie człowieka, rozpoczynającego studia w roku akademickim 2018/2019. W roku akademickim 2019/2020 byłam członkiem Zespołu Roboczego ds. Jakości Kształcenia oraz członkiem Zespołu ds. Promocji Wydziału.

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

Napisałam publikację popularno-naukową „Różnorodność środków aromatyzujących, ich skład chemiczny a zapis na etykietach”. Od 2017 r. prowadzę lekcje w ramach Festiwalu Nauki w Warszawie, tematyka lekcji: „Smaki i zapachy żywności”, „Suszenie rozpyłowe i miód w proszku”, „Jak powstaje mleko i miód w proszku”. W 2018 r. reprezentowałam katedrę na 22 Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Kopernik (09.06.2018). W 2019 r. prezentowałam stoisko „Miód w proszku SGGW” na targach FOOD EXPO (INNOVATION & INSPIRATION EXPO 12-14.09.2019). Wystąpiłam w Panoramie TVP2 (21.09.2019 minireportaż), wypowiadając się na temat miodu w proszku. W grudniu 2022 r. brałam udział w nagraniu telewizji SGGW pt. „Wspólne pieczenie pierniczków na Wydziale Technologii Żywności”, gdzie wypowiadałam się na temat kierunków zastosowań miodu w proszku.

7. Inne informacje dotyczące kariery naukowej

7.1. Dorobek publikacyjny

Mój dorobek naukowo-badawczy obejmuje 38 oryginalnych prac twórczych, w tym 31 artykułów naukowych, 6 rozdziałów w monografiach naukowych oraz 1 publikację popularno-naukową. Opublikowałam 21 publikacji w czasopismach znajdujących się na liście Journal Citation Reports (JCR). Zestawienie dorobku publikacyjnego przedstawiono w Tabeli 1. Jestem pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym w znacznej większości publikacji naukowych.

Wartość punktowa wszystkich publikacji według wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 2088 punktów, w tym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora 1992 punktów. Mój sumaryczny Impact Factor wynosi 55,311, w tym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora 50,637. Łączna liczba cytowań moich publikacji według bazy Web of Science 252 (191 bez autocytowań). Mój indeks Hirscha wynosi 10.

Tabela 1. Zestawienie dorobku publikacyjnego

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba pkt MNiSW	IF	IF _{5letni}
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
1	Rozdział w monografii (2011)	-	-	-
2	Rozdział w monografii (2012)	-	-	-
3	Rozdział w monografii (2012)	-	-	-
4	Acta Agrophysica (2012)	5	-	-
5	Acta Agrophysica (2012)	5	-	-
6	Nauki Inżynierskie i Technologie (2012)	5	-	-
7	Nauki Inżynierskie i Technologie (2013)	6	-	-
8	Aparatura Badawcza i Dydaktyczna (2013)	10	-	-
9	Nauka Technologia Jakość (2014)	15	1,360	2,945
10	Nauka Technologia Jakość (2014)	15	-	-
11	Rodział w monografii (2014)	-	-	-
12	Food and Bioproducts Processing (2015)	35	3,312	4,398
Razem pozycje 1-12		96	4,672	7,343
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
Wchodzące w skład osiągnięcia				
13	Journal of Food Engineering (2019)	140	4,499	5,404
14	Applied Sciences-Basel (2021)	100	2,838	3,073
15	Applied Sciences-Basel (2021)	100	2,838	3,073
16	Drying Technology	100	3,556	3,89
17	Food Process Engineering (2022)	100	2,889	2,272
Razem pozycje 13-17		540	16,62	17,712
Pozostale				

18	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (2017)	13	-	-
19	Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula (2017)	9	-	-
20	Applied Sciences-Basel (2018)	25	2,217	2,9
21	Journal of Food Process Engineering (2018)	20	1,529	2,272
22	Food and Bioprocess Technology (2019)	20	3,5	4,448
23	Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych (2019)	40	-	-
24	Chemical and Process Engineering (2019)	100	0,75	0,619
25	Food and Bioproducts Processing (2019)	140	4,3	4,398
26	International Agrophysics (2019)	100	1,665	1,946
27	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (2019)	20	-	-
28	Rozdział w monografii (2019)	20	-	-
29	Journal of the Science of Food and Agriculture (2020)	100	3,639	3,547
30	Innovative Food Science & Emerging Technologies (2020)	140	5,916	5,931
31	LWT-Food Science and Technology (2021)	100	6,056	4,991
32	Proceedings (2021)	5	-	-
33	Rozdział w monografii (2021)	20	-	-
34	Applied Sciences-Basel (2021)	100	2,838	3,073
35	Journal of Food Process Engineering (2022)	100	1,703	2,272
36	Journal of Food Engineering (2022)	140	2,889	2,210
37	Molecules (2022)	140	4,927	4,189
38	Polish Journal of Food and Nutrition Sciences (2023)	100	2,889	2,344
39	Applied Science (2023)	100	2,838	3,073
Razem (pozycje 18-39)		1452	34,019	48,213
Razem po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (pozycje 13-39)		1992	50,639	65,925
RAZEM pozycje 1-39		2088	55,311	73,268

7.2. Udział i rola w projektach badawczych

Jako doktorantka byłam kierownikiem grantu wewnętrznego dla młodego pracownika nauki/uczestnika studiów doktoranckich „Optymalizacja procesu suszenia aromatów o zróżnicowanym składzie części aromatycznej w nowej linii produkcyjnej firmy Pollena-Aroma” (06.2013-06.2014). W 2018 r. byłam wykonawcą minigrantu pt.: „Opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnych prozdrowotnych soków” (01.04.2018-30.09-2018) w ramach programu „Inkubator Innowacyjności+ - Wsparcie zarządzania badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac B+R w jednostkach naukowych i przedsiębiorstwach”, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020 (Działanie 4.4). W 2019 r. byłam wykonawcą projektu NCBiR pt. „Opracowanie innowacyjnej technologii hybrydowego suszenia odpadów i produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego” (POIR, działanie 1.1, Podzadanie 1.1.1, Szybka ścieżka), w którym SGGW był podwykonawcą, a głównym beneficjentem była firma CEDRUS. W roku akademickim 2022/2023 byłam wykonawcą projektu „SusFood”

(MildSUSFruit – „Innowacyjne łagodne przetwarzanie dostosowane do zapewnienia trwałych i wysokiej jakości, ekologicznych produktów owocowych”, Projekt Core Organic ID 32 (ERA-NET SUSFOOD, NCBR, 01.11.2020-31.10.2023). W okresie 09.2022-09.2023 realizowałam działanie badawcze Miniatura 6, NCN, DEC-2022/06/X/NZ9/00390, „Badanie mechanizmu niskotemperaturowego suszenia rozpyłowego osuszonym powietrzem, w oparciu o koncepcję przemiany szklistej” (funkcja w projekcie kierownik).

7.3. Udział w konferencjach naukowych

W czasie dotychczasowej pracy naukowej wzięłam udział w licznych konferencjach, sympozjach i seminariach, jak również warsztatach i szkoleniach podnoszących moje kwalifikacje zawodowe. Wyniki moich badań naukowych były prezentowane na 13 konferencjach krajowych i 19 międzynarodowych (wymienione w wykazie).

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

W 2014 r. wystąpiłam jako ekspert w webinarium organizowanym przez firmę X-tech, na zlecenie firmy Büchi, tytuł szkolenia brzmiał: „Optymalizacja procesu suszenia rozpyłowego na przykładzie nowej linii produkcyjnej „Pollena-Aroma” (25.11.2014).

Od 2010 r. jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności.

7.5. Współpraca międzynarodowa, współpraca z przemysłem, recenzje publikacji

W 2008 r. rozpoczęłam współpracę z naukowcami z Uniwersytetu Burgundzkiego w Dijon we Francji, która zaowocowała wspólnymi publikacjami naukowymi (**M4**, **A11**, **A17**). Od 2019 r. współpracuję (w zakresie suszenia produktów wysokocukrowych; stabilności emulsji) z Profesorem Amrem Edrisem z National Research Center, Egipt (był on profesorem wizytującym na SGGW w okresie od października do grudnia 2019), a efektem są wspólne publikacje (**A26**, **A30**). Od 2022 r. współpracuję z naukowcami z

Uniwersytetu Bolońskiego w Cesena, gdzie odbywałam staż, a otrzymane wyniki były prezentowane na konferencji EuroDrying 2023.

Od początku swojej kariery naukowej prężnie współpracuję z przemysłem, poczynając od pracy doktorskiej, która była realizowana przy ścisłej współpracy z firmą „Pollena-Aroma”. W tej firmie odbywałam początkowo staż naukowy, a następnie pracowałam jako specjalista ds. aromatów proszkowych. Od 2017 r. współpracuję z firmą Maspex. Współpraca ta rozpoczęła się od opracowania na zlecenie firmy metody suszenia rozpyłowego z użyciem osuszonego powietrza koncentratu jabłkowego. Następnie wykonywano z moim udziałem próby przedwdrożeniowe na liniach produkcyjnych. W roku 2019 złożono wspólny wniosek do NCBiR (POIR.01.01.01-00-0829/19) pt. „Przeprowadzenie prac badawczych nad metodami otrzymywania naturalnych proszków pochodzenia roślinnego z wysoką zawartością termolabilnych związków bioaktywnych” (badania nie uzyskały finansowania). Od 2019 r. współpracuję z firmą MelPulveris, która w oparciu o publikacje, których byłam współautorem, opracowała miód w proszku na bazie błonnika. Wspólnie składany był również projekt „Nutritech I” 2022 - INNOWacyjne FUNKcjonalne Koncentraty Spożywcze z prebiotycznym miodem w proszku dla zdrowego układu pokarmowego” (badania nie uzyskały finansowania). W 2020 r. brałam udział w programie inkubacyjnym w ramach „Programu Operacyjnego Polska Wschodnia”, poddziałanie 1.1.1 Platformy startowe dla nowych pomysłów, pt. „Innowacyjne proszki miodowe dla przemysłu spożywczego i paszowego”, w ramach którego byłam współzałożycielem spółki HONEY INNOVATIONS sp. z o.o., stworzonej przy ścisłej współpracy z SGGW. Od 2023 r. utrzymuję kontakt z firmą ProteinRise. W oparciu o wsparcie tej firmy złożyłam wniosek w ramach projektu Lider XIV NCBiR, pt. „Opracowanie innowacyjnego nośnika suszarniczego oraz analogów mleka instant na bazie grochu” (wniosek jest na etapie oceny merytorycznej). Od 2020 r. mam stały kontakt z Centrum Innowacji i Transferu Technologii SGGW w ramach komercjalizacji badań naukowych, związanych z patentem nt. „Sposobu otrzymywania miodu w proszku” oraz „Know how” soków o obniżonej zawartości cukrów.

Wykonałam 10 recenzji publikacji dla polskich i zagranicznych czasopism naukowych, w tym ujętych w wykazie Journal Citation Reports (JCR), takich jak Engineering in Agriculture Environment and Food, Heliyon, International Journal of Food Properties, International Agrophysics, Foods, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Journal of Food Processing and Preservation, International Journal of Food Sciences and Nutrition, Drying Technology.

7.6. Odbyte szkolenia i kursy

Odbyłam szereg kursów w kierunku poszerzenia swoich kompetencji w komercjalizacji wyników badań oraz zarządzaniu projektami:

Kurs „Zarządzanie projektami dla początkujących” Akademia PARP (2023)

„Metody badania potrzeb i problemów klientów” w ramach WAB PARP (2020)

„Szkolenie Lean Canvas - ocena rynkowego sensu pomysłu, identyfikacji jego mocnych i słabych stron” - w ramach WAB PARP (2020)

Szkolenie e-learningowe: „Zasady, regulacje prawne dotyczące własności - intelektualnej oraz ochrony patentowej” - w ramach projektu „Rozwój nauki rozwojem regionu stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów” (2014)

Szkolenie e-learningowe: „Skuteczna komunikacja z biznesem” - w ramach projektu „Rozwój nauki rozwojem regionu – stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów” (2014)

Szkolenie e-learningowe: „Pozyskiwanie środków na innowacyjne badania naukowe, komercjalizacja oraz marketing innowacji” - w ramach projektu „Rozwój nauki rozwojem regionu – stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów” (2014)

Szkolenie w zakresie komercjalizacji wyników badań, w ramach projektu „Rozwój nauki rozwojem regionu – stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów” prowadzone przez Międzynarodową Szkołę Bankowości i Finansów (2014)

7.7. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

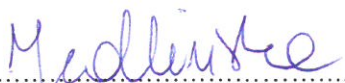
Realizowana praca doktorska pt. „Badanie procesu mikrokapsułkowania metodą suszenia rozpyłowego aromatów o zróżnicowanym składzie chemicznym części aromatycznej”, przy współpracy z firmą „Pollena-Aroma”, została nagrodzona stypendium projektu systemowego Samorządu Województwa Mazowieckiego realizowanego w ramach Poddziałania 8.2.2 PO KL pn. „Rozwój nauki – rozwojem regionu – stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów” – 09.2013-09.2014.

Otrzymałam wyróżnienie w konkursie prac posterowych: Jedlińska A., Śledź M., Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D. „The physical properties of industry microencapsulated aromas”. 18th Conference of Young Researches Section of Polish Society of Food Technologist, 2nd International Session, “Quo vadis alimentum?”, Poznań Puszczykowo, 14-16.05.2013. .

W 2019 roku wygrałam stypendium PROM z NAWA w ramach międzynarodowej wymiany stypendialnej doktorantów i kadry akademickiej, w ramach którego w 2022 roku odbyłam miesięczny staż w Cesenie we Włoszech.

W 2023 roku wygrałam stypendium w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego na 6-miesięczny wyjazd zagraniczny do Cesena we Włoszech, który będę odbywała w najbliższym roku akademickim - 2023/2024.

Moja działalność naukowa jest doceniana na macierzystej uczelni – 3 lata z rzędu (2019, 2020, 2021) otrzymałam nagrodę zespołową II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze.


.....
(podpis wnioskodawcy)