

Załącznik 2

Autoreferat z opisem dorobku i osiągnięć naukowych związanych z postępowaniem habilitacyjnym

dr inż. Fabian Julian Dajnowiec

Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej
Wydział Nauki o Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
10-719 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 7
tel. 89 523 47 92,
e-mail: fabian.dajnowiec@uwm.edu.pl

Olsztyn 2019

Spis treści:

1.	Dane osobowe.....	3
2.	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3.	Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych	4
4.	Wskazanie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego.....	5
4.1.	Omówienie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego.....	5
5.	Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego	14
6.	Podsumowanie pozostałego dorobku dydaktycznego i organizacyjnego....	22

1. Dane osobowe:

Imię i nazwisko: Fabian Julian Dajnowiec
Miejsce pracy:
Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauki o Żywności
Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej
ul. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn
tel. 89 523 4792
e-mail. fabian.dajnowiec@uwm.edu.pl

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

• Magister inżynier technologii żywności i żywienia człowieka – 1991 r.

Akademia Rolniczo-Techniczna im. Michała Oczapowskiego w Olsztynie
Wydział: Technologii Żywności
Kierunek: Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka
Specjalność: Technologia mleczarska
Tytuł pracy magisterskiej: „Poziom związków mineralnych w koagulacie uzyskanym na drodze koagulacji kwasowej i termiczno-kwasowej przy użyciu Glukono-Delta-Laktonu”.
Promotor: dr Aleksander Surazyński

• Doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia - 1999

Akademia Rolniczo-Techniczna im. Michała Oczapowskiego w Olsztynie
Wydział: Technologii Żywności
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Wpływ wybranych czynników na aktywność enzymatyczną preparatów koagulujących otrzymanych metodą inżynierii genetycznej”.
Promotor: prof. dr hab. Arnold Reps

3. Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych

- 1.12.1999 – 31.01.2000, Stanowisko: Technolog
- Miejsce pracy: Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie, Wydział Technologii Żywności, Instytut Biotechnologii Żywności, Zakład Ogólnej Technologii Żywności
- 1.02.2000 – 31.10.2015, Stanowisko: Adiunkt
- Miejsce pracy: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej
- 1.11.2015 – do chwili obecnej Stanowisko: Asystent
- Miejsce pracy: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

Osiągnięciem naukowym stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest monografia pt. „Mikrokapsułkowanie oleju z nasion amarantusa w mikrożelowanych matrycach białkowo-sacharydowych” (załącznik 4). Monografia została wydana w marcu 2019 r. przez Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, w serii Rozprawy i Monografie, a recenzentami pracy byli: dr hab. Ewa Domian z Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie i dr hab. Monika Wszolek prof. Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

4.1. Omówienie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Wprowadzenie i cel pracy

Kreowanie struktury nowych produktów to zagadnienia ściśle związane z szeroko rozumianą inżynierią żywności i produkcją żywności o wysokiej wartości biologicznej. Unieruchomienie aktywnych składników znajdujących się w surowcach roślinnych lub zwierzęcych w naturalnych, niesyntetycznych matrycach ochronnych stanowi wyzwanie dla laboratoriów badawczych oraz producentów żywności. Technika ta pozwala na przedłużenie prozdrowotnych właściwości substancji aktywnych, jak również ochronę podczas procesu technologicznego i przechowywania oraz umożliwia sprecyzowanie miejsca uwolnienia w organizmie człowieka.

Jednym ze sposobów dostarczenia organizmowi człowieka substancji biologicznie aktywnych zawartych w olejach roślinnych jest uwięzienie ich wewnątrz mikrokapsulek. Mikrokapsułki w postaci proszku o rozmiarach pomiędzy 0,2 do 5000 μm ze względu na swoją wielkość mogą stanowić składnik mikrostruktury żywności. Tworzenie kapsulek w postaci proszku chroni bioaktywne substancje przed tlenem, światłem i wilgocią. Taka postać produktu może również zabezpieczać jego składniki przed czynnikami technologicznymi, jeżeli mikrokapsułki będą przeznaczone do wykorzystania w komponowaniu nowych produktów spożywczych.

Z uwagi na prostotę, wydajność i niskie koszty suszenie rozpryskowe jest powszechnie wykorzystywaną metodą do tworzenia mikrokapsulek substancji biologicznie aktywnych zawartych w olejach. Proces ten wymaga przygotowania składników dyspersji

poprzez wytworzenie układu emulsyjnego, homogenizacji dyspersji, rozpylania i odwadniania. Podczas tworzenia układu dyspersyjnego, podążając za trendami żywieniowymi, dąży się do eliminowania składników syntetycznych wykorzystując naturalne substancje posiadające właściwości emulgujące i budulcowe przyszłej matrycy powstającej podczas procesu suszenia rozpryskowego. Do takich składników można zaliczyć białka i sacharydy pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Struktura emulsji i jej morfologia związana z rozkładem wielkości cząstek fazy rozproszonej, tworzona podczas procesu homogenizacji jest podstawowym wyznacznikiem, który ma wpływ na właściwości mikrokapsulek powstających podczas suszenia. Stabilność emulsji o jak najmniejszych rozmiarach kuleczek tłuszczowych ma wpływ na skuteczność zamknięcia oleju w matrycy. W podjętych badaniach dobór składników matrycy posiadających cechy zarówno emulgatora, jak i kreatora dobrej matrycy, potraktowano jako wyzwanie.

We wcześniejszych pracach, prowadzonych w ramach grantu którego byłem wykonawcą, wykorzystywano białka mleka (MPC 75) w charakterze emulgatorów i uzyskano niską stabilność emulsji przed suszeniem, co skutkowało osiągnięciem stosunkowo niewysokiego stopnia zamknięcia oleju w mikrokapsułkach. Z tego powodu, zwróciłem uwagę na możliwość wytworzenia koniugatów białkowo-sacharydowych i wykorzystanie ich w charakterze naturalnego emulgatora i składnika matrycy. Koncentraty białek serwatkowych poddawano procesowi glikozylacji z laktozą i maltodekstryną jako sacharydowymi składnikami mikrokapsulek. Proces ten prowadzono w warunkach silnego ścinania prowadząc do wytworzenia mikrożeli, które mogą spełniać jednocześnie funkcję dobrego emulgatora, jak również pozytywnego składnika matrycy tworzącego strukturę mikrokapsułki. Otrzymane mikrożele wykorzystywano do wytworzenia stabilnych emulsji oleju z nasion amarantusa (*Amaranthus cruentus*) poddawanych następnie procesowi suszenia rozpryskowego w celu otrzymania mikrokapsulek.

Celem podjętych badań było wykorzystanie mikrożeli białek serwatkowych do stabilizacji emulsji stosowanych w procesach mikrokapsułkowania biologicznie czynnych olejów roślinnych na przykładzie oleju z nasion amarantusa (*Amaranthus cruentus*). Jego zaletą jest to że zawiera niewielkie ilości kwasów tłuszczowych nasyconych, takich jak: palmitynowy (~13,4%), stearynowy (~2,6%), arachidowy (~0,7%), lignocerynowy (~0,3%), mirystynowy (~0,1%) oraz skwalen.

Przyjęto hipotezę roboczą, że poprzez modyfikację układu zawierającego białka serwatkowe (WPC) i sacharydy (laktozę lub maltodekstrynę), polegającą na jednoczesnym

oddziaływaniu temperatury oraz sił ścinających, otrzyma się mikrozele, które mogą być wykorzystane do stabilizacji emulsji typu o/w. Oczekiwano, że suszenie rozpryskowe tych emulsji wpłynie na właściwości i strukturę mikrokapsulek oleju z nasion amarantusa.

Metodyka i omówienie wyników

Prace eksperymentalne przeprowadzono w trzech etapach. Pierwszy etap polegał na przygotowaniu składników matrycy mikrokapsulek, drugi na sporządzeniu stabilnej emulsji, a trzeci na otrzymaniu mikrokapsulek oleju z nasion amarantusa w procesie suszenia rozpryskowego i dokonaniu oceny ich właściwości fizycznych oraz struktury.

W celu doboru najbardziej korzystnego składu suchej masy emulsji dokonano szczegółowej analizy zmienności wielkości kropeł $d(0.5)$ i $d(32)$ osiągniętych w kolejnych wariantach eksperymentu. W pierwszym kroku oczekiwano związku między wielkościami $d(0.5)$ i $d(32)$ a trzema zmiennymi niezależnymi, tj. udziałami oleju (x_1), białka (x_2) i sacharydu (x_3) w suchej masie emulsji. Analiza regresji wielorakiej otrzymanych wyników nie wykazała jednak istotnego powiązania wielkości średnicy kropeł ze składem emulsji. Z tego względu dokonano redukcji liczby zmiennych wejściowych, przyjmując stosunek ilości białka do oleju jako zmienną niezależną „ x ” i udział sacharydu jako drugą zmienną „ y ”. Do trzeciego etapu wybrano stabilne emulsje, z etapu drugiego, o najmniejszej wartości średnicy kropeł $d(0.5)$ i średnicy Sautera $d(32)$.

W celu przeprowadzenia procesu glikozylacji, uwodnione białka (WPC 80) i wybrany sacharyd poddawano intensywnemu mieszaniu przy częstości obrotów mieszadła ścinającego 4000 min^{-1} (szybkość ścinania około 880 s^{-1}) w temperaturze $70^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Tworzone w ten sposób mikrozele oceniano porównując wielkość $d(0.5)$ i $d(32)$ przed i po procesie obróbki mechaniczno-termicznej. Po procesie glikozylacji do przygotowanej zawiesiny mikrozele wprowadzano olej z nasion amarantusa i mieszając sporządzano tzw. emulsję grubą, którą po ochłodzeniu do $51 \pm 1^\circ\text{C}$ homogenizowano w dwustopniowym, laboratoryjnym ciśnieniowym homogenizatorze firmy Niro Soavi Panda przy ciśnieniach 25/5 MPa. W etapie trzecim wybrane stabilne emulsje o zoptymalizowanym składzie matrycy otrzymywano w sposób opisany wyżej wykorzystując przy tym urządzenia o skali pilotowej, umożliwiającej otrzymanie około 5 kg emulsji, którą poddawano suszeniu rozpryskowemu. Podczas tego procesu doświadczalne emulsje poddawano działaniu powietrza suszącego o temperaturze około 140°C .

Strukturę: dyspersji przed emulgowaniem (mikrozele), stabilnej emulsji i proszków mikrokapsulek oceniano metodą dyfrakcji laserowej, określając wyrażane w μm charakterystyczne wymiary cząstek $d(0.1)$, $d(0.5)$, $d(0.9)$ i $d(32)$. Ponadto emulsje poddawane suszeniu rozpryskowemu charakteryzowano wyznaczając lepkość pozorną oraz obliczając współczynnik stabilności na podstawie pomiaru zmiany przewodności elektrycznej. W celu uzupełnienia oceny właściwości emulsji rejestrowano obrazy struktury emulsji z zastosowaniem mikroskopu konfokalnego. Uzyskane metodą dyfrakcji laserowej rozkłady wielkości cząstek dyspersji mikrozelei białkowo-sacharydowych oraz emulsji oleju amarantusa poddano analizie tzw. danych wierzchołkowych stosując procedurę „rozplątania pików” (ang. peaks’ deconvolution).

Mikrokapsułki oleju amarantusowego scharakteryzowano oceniając: aktywność wody, barwę, gęstość nasypową luźną i ubitą, gęstość pozorną, indeks Carra, zawartość tłuszczu całkowitego i wolnego, współczynnik Hausnera, porowatość złoza oraz porowatość wewnętrzną cząstek proszków. W celu określenia skuteczności procesu kapsułkowania na podstawie zawartości tłuszczu całkowitego i wyekstrahowanego z powierzchni obliczano stopień zamknięcia wyrażany w %.

Uzupełnieniem wymienionych analiz fizycznych i fizykochemicznych oraz oceny struktury mikrokapsulek oleju z nasion amarantusa o zróżnicowanym składzie matrycy były zdjęcia wykonane z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego oraz wysokorozdzielczego stacjonarnego systemu do mikrotomografii komputerowej.

Podczas planowania i analizy przeprowadzonych doświadczeń wykorzystywano programy komputerowe MS Office Exel 2010, Statistica PL [StatSoft® V. 12]. Wybrane wykresy wykonano w programie Grapher 10 firmy Golden Software, a do analizy rozkładów wielkości cząstek wykorzystano oprogramowanie PeakFit [Systat Software, Inc.].

Przeprowadzony w warunkach mechaniczno-ciepłej obróbki proces glikozylacji białek serwatkowych i sacharydu prowadził do istotnych zmian w układach wielkości cząstek. Trzydziestominutowe ogrzewanie w temperaturze 70°C układów WPC 80 i sacharydów przy jednoczesnym działaniu sił ścinających prowadziło do powstawania cząstek mikrozelei. Po procesie glikozylacji w badanych dyspersjach zwiększał się udział cząstek mikrozelei o rozmiarach poniżej $10\ \mu\text{m}$. W układach koncentratu białek mleka z laktozą (WPC-LAK) udział cząstek $<10\ \mu\text{m}$ był większy w porównaniu do układów koncentratów białek mleka z maltodekstryną (WPC-MLT). Glikozylacja białek serwatkowych z laktozą prowadziła do powstawania cząstek o średnicy $d(32)$ mniejszej niż z maltodekstryną.

Potwierdziła to również szczegółowa analiza krzywych rozkładów wielkości cząstek poddawanych „rozplątaniu” ujawniającemu ukryte frakcje cząstek. Uzyskiwane metodą dyfrakcji rozkłady wielkości cząstek zawartych w zawiesinach mikrożeli wykazywały rozkład bimodalny sugerując występowanie co najmniej dwóch odrębnych frakcji cząstek. Natomiast szczegółowa analiza ujawniała obecność 3-5 frakcji, w których wielkość cząstek była zależna od rodzaju sacharydu. Wielkość cząstek czterech frakcji mikrożeli WPC-LAK zawierała się pomiędzy 0,124-8,163 μm a WPC-MLT 0,398-10,227 μm . Pomimo braku możliwości rozgraniczenia, które cząstki należą do koniugatów i cząstek białkowych, a które do kropeł oleju, w układach zawierających mikrozele WPC-LAK rozmiar cząstek poszczególnych frakcji był mniejszy niż w układach WPC-MLT.

W celu doboru najbardziej korzystnego składu matrycy mikrokapsulek oleju z nasion amarantusa przeprowadzono eksperyment, w którym zmiennymi niezależnymi były: proporcja ilości białka do oleju oraz udział zastosowanego sacharydu w emulsji. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono analizę zmienności wielkości $d(0.5)$ i $d(32)$ w emulsjach zakładając, że najmniejszy rozmiar fazy rozproszonej najkorzystniej wpłynie na stopień zamknięcia i właściwości mikrokapsulek otrzymanych metodą suszenia rozpryskowego. Stwierdzono, że zależność charakterystycznych średnic kropeł emulsji od rozpatrywanych zmiennych niezależnych najlepiej oddaje równanie potęgowe typu $z = ax^b y^c$. Dopasowane równania dla eksperymentów z laktozą przyjęły postać: $z_{d(0.5)} = 12,21x^{0,067}y^{(-1,339)}$ i $z_{d(32)} = 7,58x^{0,091}y^{(-1,338)}$. Udział wariancji wyjaśnionej dla $d(0.5)$ wynosił 91,80%, natomiast dla $d(32)$ 93,28%. Dla równania opisującego zmienność średniego rozmiaru $d(0.5)$ współczynnik korelacji R wynosił 0,958, natomiast dla $d(32)$, 0,966. Analiza otrzymanych wyników średnic $d(0.5)$ i $d(32)$ kropeł oleju w emulsjach pozwoliła wybrać do dalszych eksperymentów dyspersje o proporcji WPC/olej wynoszącą 3,75 i zawartości laktozy (LAK) na poziomie 15,35 %. Emulsje z mikrozelami WPC-MLT charakteryzowała mała zmienność wielkości kropeł, wobec czego do sporządzania emulsji przeznaczonej do suszenia rozpryskowego, wybrano skład matrycy odpowiadający najkorzystniejszemu wariantowi w zrealizowanym cyklu.

Metodą jednoczynnikowej analizy wariancji ($p=0,05$) stwierdzono, że występuje statystycznie istotna różnica średnich wartości $d(0.5)$ cząstek fazy rozproszonej emulsji z dziewięciu doświadczeń z udziałem WPC-LAK i WPC-MLT. Średnia wartość $d(0.5)$ cząstek/kropeł fazy rozproszonej emulsji przygotowanej z udziałem LAK z dziewięciu przeprowadzonych doświadczeń wynosiła $0,429\mu\text{m} \pm 0,064$. Natomiast z udziałem MLT

była większa i wynosiła $0,701\mu\text{m} \pm 0,060$. Dlatego należy przypuszczać, że stosowanie laktozy w matrycy mikrokapsulek może prowadzić do uzyskiwania mniejszych kropelek oleju w emulsjach i bardziej skutecznego zamykania w mikrokapsułkach.

Z uwagi na konieczność sporządzania większej ilości emulsji przeznaczonej do procesu suszenia zmieniono geometrię i skalę układu mieszadło-mieszalnik, w którym prowadzono glikozylację. Pomimo tego po procesie glikozylacji powstawały mikrozele o rozmiarach cząstek poniżej $1\mu\text{m}$. Również w tych warunkach w przypadku prowadzenia reakcji WPC z LAK powstawały mikrozawiesiny o mniejszych rozmiarach cząstek niż w reakcjach WPC z MLT. Szczegółowa analiza krzywych rozkładów wielkości cząstek potwierdziła również obecność kilku frakcji o różnych rozmiarach cząstek. Cząstki frakcji o najmniejszej średnicy cząstek zawierające mikrozele WPC-LAK posiadały średnicę $0,137\mu\text{m}$, a WPC-MLT niemal dwa razy większą, $0,247\mu\text{m}$. Frakcja o największych średnicach cząstek charakteryzowała się cząstkami o rozmiarach $12,707\mu\text{m}$ dla WPC-LAK i $30,818\mu\text{m}$ dla WPC-MLT. Koniugacja WPC i mieszaniny LAK/MLT pozwoliła otrzymać cząstki o rozmiarach zbliżonych do obecnych w układzie z LAK.

Skuteczność procesu mikrokapsułkowania jest między innymi zależna od właściwości chemicznych i fizycznych emulsji. Do wyróżników jakości emulsji należą między innymi: lepkość, stabilność i rozmiar cząstek fazy rozproszonej. Emulsja gotowa do mikrokapsułkowania powinna posiadać mały rozmiar cząstek fazy rozproszonej i wąski rozkład wielkości kropelek oleju. Powinna wykazywać się stabilnością bez skłonności do aglomeracji i koalescencji kropelek.

Otrzymane w wyniku homogenizacji emulsje oleju z nasion amarantusa niezależnie od zastosowanych do ich stabilizacji mikrożeli charakteryzowały się płynięciem newtonowskim i różną lepkością pozorną. Najmniejszą lepkość posiadały emulsje zawierające laktozę (WPC-LAK) $\eta = 7,7 \pm 0,7$ [mPa s]. Układy z laktozą i maltodekstryną (WPC-LAK/MLT) miały lepkość 1,5 raza większą $\eta = 11,5 \pm 1,5$ [mPa s], natomiast największą - emulsje z WPC i maltodekstryną (WPC-MLT) – $\eta = 20,4 \pm 3,9$ [mPa s].

Emulsje przygotowane do procesu suszenia z użyciem koniugatów wykazywały się dobrą stabilnością po upływie 3 godzin od procesu homogenizacji, co gwarantowało poprawny przebieg suszenia i uzyskanie proszku o powtarzalnych właściwościach. Indeks stabilności emulsji z mikrozelami WPC-LAK przekraczał 98%, a z mikrozelami WPC-MLT był nieznacznie mniejszy.

Zastosowanie mikrożeli do otrzymywania emulsji oleju z nasion amarantusa skutkowało otrzymaniem cząstek fazy rozproszonej o mniejszym średnim rozmiarze od podanych w literaturze dotyczącej mikrokapsułkowania emulsji metodą suszenia rozpryskowego. Przeciętna średnica $d(32)$ cząstek w emulsji stabilizowanej mikrożelami WPC-LAK wynosiła $0,271 \pm 0,011 \mu\text{m}$, a WPC-MLT $0,389 \pm 0,029 \mu\text{m}$. Przeprowadzony test *Najmniejszych Istotnych Różnic* (NIR) wykazał, że istnieje statystycznie istotna różnica pomiędzy rozmiarami cząstek $d(32)$ w emulsjach zawierających LAK a MLT ($p = 0,002025$).

Proces otrzymywania mikrokapsulek oleju z nasion amarantusa prowadzono w temperaturze około $140 \text{ }^\circ\text{C}$ zasilając emulsją z wydajnością od 15,95 do 22,59 kg/h pilotową suszarnię rozpryskową będącą na wyposażeniu Katedry Inżynierii i Aparatury Procesowej UWM w Olsztynie [Zahn u. Co. Niemcy]. Proces mikrokapsułkowania umożliwił otrzymanie średnio od 1,27 do 1,30 kg proszku o średniej zawartości wody mieszczącej się w granicach 2,067%-2,683 %. Otrzymane proszki cechowały się wartością aktywności wody na poziomie 0,03-0,08, co może wskazywać, że zastosowane matryce mogą ograniczać również prawdopodobieństwo przemian zawartego w nich tłuszczu, ponieważ minimalna szybkość utleniania tłuszczów występuje przy aktywności wody w przedziale od 0,1 do 0,3.

Analiza stopnia zamknięcia oleju z nasion amarantusa wykazała zróżnicowanie skuteczności procesu w zależności od zastosowanej do mikrokapsułkowania matrycy. Wykorzystanie koniugatów białkowo-laktozowych do emulgowania i mikrokapsułkowania pozwoliło uzyskać najmniejszy rozmiar cząstek fazy rozproszonej w emulsji i najwyższą skuteczność tego procesu wynoszącą 86,3 %. Większy rozmiar cząstek fazy rozproszonej w emulsji z koniugatami białkowo-maltodekstrynowymi skutkował mniejszą skutecznością zakapsułkowania tłuszczu na poziomie 79,42%.

Zróżnicowanie stopnia zamknięcia oleju z nasion amarantusa może wynikać z różnej struktury otrzymanych proszków. Obrazy uzyskane z mikroskopu skaningowego uwidaczniają odmienną budowę otrzymanych mikrokapsulek i pozwalają przypuszczać, że posiadają one różną odporność mechaniczną. Obraz mikroskopowy kapsulek zawierających matrycę WPC-LAK ilustruje, że cząstki proszku posiadają nieregularne kształty, mniejszą wytrzymałość mechaniczną i wielokomorową strukturę wewnętrzną. Obraz mikrokapsulek z matrycą WPC-MLT uwidacznia strukturę kuliste, gładkie z zamkniętą powierzchnią o jednokomorowej strukturze wewnętrznej. Z kolei na obrazach mikroskopowych mikrokapsulek z matrycą WPC-LAK/MLT widoczne były zarówno struktury uszkodzone, jak i nieuszkodzone, oraz gładka nieznacznie pofałdowana powierzchnia. Zróżnicowaną

strukturę wewnętrzną mikrokapsulek potwierdziła analiza wysokorozdzielczym stacjonarnym systemem do mikrotomografii komputerowej. Na obrazach uzyskanych tą techniką widać wielokomorową strukturę wewnętrzną mikrokapsulek z matrycą białkowo-laktozową i jednokomorową mikrokapsulek z matrycą białkowo-maltodekstrynową.

Odmierna struktura uzyskanych proszków skutkowała zróżnicowaną porowatością cząstek (ε_p). Jednokomorowe mikrokapsułki o matrycy WPC-MLT posiadały nieznacznie większą porowatość ($\varepsilon_p = 0,131$) niż kapsułki wielokomorowe o matrycy WPC-LAK ($\varepsilon_p = 0,122$). Zastosowanie do przygotowania mikrokapsulek jako składników matrycy mikrożeli WPC-LAK/MLT przyczyniło się do powstania największej porowatości cząstek ($\varepsilon_p = 0,154$).

Właściwości fizyczne otrzymanych proszków mikrokapsulek powiązane z ich porowatością nie różnią się od właściwości mikrokapsulek otrzymanych przez innych autorów. Analizowane proszki cechowały się niskimi wartościami gęstości usypowych luźnych (np. z matrycą WPC-LAK $235,9 \pm 4,1$ do $298,0 \pm 4,0$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) i zróżnicowaną gęstością usypową ubitą (np. z matrycą WPC-MLT $445,5 \pm 10,6$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ czy z matrycą WPC-LAK $352,5 \pm 6,4$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Wszystkie analizowane proszki mikrokapsulek niezależnie od składu zastosowanej do ich wytwarzania matrycy wykazywały cechy proszków kohezyjnych. Świadczy o tym współczynnik Hausnera powyżej 1,4. Również wielkości indeksu Carra powyżej 45% świadczą, że analizowane proszki mikrokapsulek należą do proszków trudno płynących. Ocenione właściwości fizyczne proszków mikrokapsulek i rozmiar ich cząstek nie odbiegał od charakterystyk innych mikrokapsulek wytwarzanych w pilotowych suszarniach rozpryskowych. Natomiast średni przeciętny rozmiar cząstek wyrażany jako $d(0.5)$ mieścił się w granicach od 38,292 do 40,570 μm . Średnie wartości średnicy Sautera $d(32)$ kapsulek mieściły się w przedziale od 27,858 μm do 28,763 μm .

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń założona hipoteza robocza, dotycząca wpływu modyfikacji układu białkowo-sacharydowego metodą termiczno-mechaniczną na strukturę emulsji i powstających w wyniku suszenia rozpryskowego mikrokapsulek, została potwierdzona. Słuszność przyjętych założeń potwierdzają następujące wnioski :

1. Proces glikozylacji zachodzący podczas procesu cieplnego prowadzonego przy jednoczesnym ścinaniu prowadzi do powstawania układu dyspersyjnego, charakteryzującego się zróżnicowaniem rozmiarów cząstek mikrożeli białkowo-

- sacharydowych. Dyspersje mikrożeli utworzone w obecności laktozy cechowały się większym udziałem cząstek o rozmiarze poniżej 1 μm niż w obecności maltodekstryny.
2. Rodzaj sacharydu zastosowanego w procesie glikozylacji białka determinuje wielkość kropelek oleju w emulsjach. W emulsjach stabilizowanych mikroželami przeciętna średnica $d(32)$ wynosiła $0,271 \pm 0,011 \mu\text{m}$ w układzie białko-laktoza i $0,389 \pm 0,029 \mu\text{m}$ w układzie białko-maltodekstryna.
 3. Mikrożele otrzymywane w wyniku procesu glikozylacji białek serwatkowych i działania sił ścinających skutecznie stabilizują emulsje typu o/w.
 4. Skład matrycy białkowo-sacharydowej nie ma wpływu na wielkość cząstek mikrokapsulek uzyskiwanych w wyniku suszenia rozpryskowego emulsji stabilizowanych mikroželami.
 5. Struktura wewnętrzna mikrokapsulek zależy od składu matrycy. Mikrokapsułki na bazie mikrożeli białka serwatkowe-laktoza miały budowę wielokomorową, podczas gdy w układach białko-maltodekstryna otrzymano strukturę jednokomorową.
 6. Zróżnicowanie struktury mikrokapsulek miało związek z różną porowatością proszków i różnicami w stopniu zamknięcia oleju z nasion amarantusa.
 7. Największą skuteczność zamknięcia oleju z nasion amarantusa osiągnano w mikrokapsułkach z matrycą zawierającą mikrożele białek serwatkowych z laktozą.

Podsumowując przedstawione syntetycznie osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego uważam, że największym osiągnięciem prowadzonych przeze mnie badań jest wykazanie, że zastosowanie koniugowanych białek serwatkowych z sacharydami w celu wytworzenia mikrożeli umożliwia otrzymanie stabilnych emulsji o drobnych rozmiarach fazy rozproszonej. Ponadto pozwala na większy stopień zamknięcia oleju. Mogę stwierdzić, że jest to propozycja technologii otrzymywania mikrokapsulek olejowych substancji bioaktywnych której skalę można w prosty sposób powiększyć w zakładzie przemysłowym wyposażonym w mieszalnik, homogenizator i instalację suszarniczą.

5. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego

Przez cały okres zatrudnienia brałem udział w pracach badawczych, których elementy miały aspekt praktyczny i możliwości wykorzystania w przemyśle. Świadczą o tym udzielone patenty - polskie i zagraniczne, których jestem współtwórcą.

Moje zainteresowania naukowe, realizowane w zespołach badawczych, przez cały okres zatrudnienia można podzielić na cztery następujące obszary:

- wybrane zagadnienia z serowarstwa,
- właściwości reologiczne produktów spożywczych,
- procesy membranowe jako metoda separacji składników,
- mikrokapsułkowanie substancji biologicznie aktywnych.

5.1. Wybrane zagadnienia z serowarstwa

Pierwszy z nich związany jest z pracą w Katedrze Biotechnologii Żywności ART w Olsztynie. Brałem czynny udział w działaniach zespołu Pana Prof. Arnolda Repsa dotyczących szeroko pojętej technologii serowarskiej. Prace te dotyczyły: zagadnień związanych z soleniem serów w solankach zawierających mieszaninę chlorku sodu i chlorku potasu, oraz opracowania technologii wytwarzania serka topionego o zwiększonej ilości potasu. Pomimo upływającego czasu prace te są nadal aktualne, ponieważ ciągle poszukiwane są nowe technologie, które pozwolą na otrzymanie produktów prozdrowotnych. Do takich niewątpliwie należą sery o obniżonej zawartości sodu i zwiększonej potasu. Uważa się, że obniżenie ilości sodu i zwiększenie ilości potasu jest korzystne dla zdrowia człowieka ze względu na obniżenie ciśnienia krwi. O znaczeniu i nowatorstwie tych badań mogą świadczyć przyznane przez UP RP patenty, których jestem współautorem. Pierwszy, „Solanka do solenia serów” – PL 174250 B1 a drugi, „Serek topiony” – B1 182990 B1. Wyniki prac, w których brałem udział zostały również opublikowane w publikacjach wymienionych w załączniku 3 (1.3a., 3a.7, 3a.8.).

Również w tym zespole brałem udział w pracach doświadczalnych prowadzonych w zakładzie mleczarskim mającym na celu opracowanie technologii produkcji dwubarwnego sera dojrzewającego. Liczne próby przyczyniły się do opracowania zastrzeżonej w urzędzie Patentowym RP technologii produkcji („Sposób wytwarzania podpuszczkowego sera dojrzewającego” – PL 205793 B1) i wdrożenia jej w zakładzie mleczarskim.

W pracach nad uzyskaniem stopnia doktora skupiłem się nad porównaniem działania enzymów otrzymywanych metodą inżynierii genetycznej. Dwie części pracy doktorskiej zrealizowałem w laboratoriach Katedry, natomiast część trzecią w zakładach mleczarskich produkując sery: edamski, camembert i tyłżycki. Wyniki moich prac nad właściwościami użytkowymi substytutów naturalnej podpuszczki zostały opublikowane w czasopiśmie polskich i zagranicznych (załącznik 3 pozycja 1.1., 1.2., 1.4, 2.1., 2.2., 3a.9.).

Ważną częścią prac badawczych do pracy doktorskiej stanowiły doświadczenia, w których analizowałem zwięzłość podpuszczkowego skrzepu mleka, w zależności od rodzaju enzymu zastosowanego do koagulacji. Zwięzłość skrzepu mleka decyduje o doborze momentu rozpoczęcia krojenia skrzepu, a także o ilości uzyskanego sera z określonej ilości mleka. Pomiary tej cechy skrzepu mogą służyć do optymalizacji działania nowoczesnych linii serowarskich. Zagadnienia pomiaru zwięzłości skrzepu należą już do badań reologicznych, które stanowią drugi obszar moich zainteresowań naukowych.

5.2 Właściwości reologiczne produktów spożywczych

Z uwagi na powszechność produkcji i spożycia na całym świecie, a także na złożoność układu, jakim jest jogurt, jego pomiary reologiczne są bardzo interesujące. Ciekawym zagadnieniem są zmiany właściwości reologicznych zachodzące w czasie przechowywania. Kształtowanie struktury jogurtu poprzez dodatek substancji prozdrowotnych i strukturotwórczych uwidocznili moje prace nad oceną wpływu dodatku inuliny na cechy reologiczne. Przeprowadzone zespołowe badania wykazały, że zmiana ilości dodanego naturalnego stabilizatora ma wpływ na granicę płynięcia i tiksotropię jogurtu. Poziom inuliny w jogurcie zmieniał wartości liczbowe parametrów reologicznych wyznaczonych z równań De Kee-Turcotte i Cassona, opisujących krzywe płynięcia. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w publikacji nr 2.11. z załącznika 3.

Właściwości reologiczne rynkowych jogurtów naturalnych były przedmiotem kolejnych prowadzonych przeze mnie badań reologicznych. Oceniano w nich właściwości reologiczne jogurtów analizując zmienność parametrów modeli Ostwalda de Waele i Cassona oraz pola powierzchni pętli histerezy. Właściwości reologiczne badanych jogurtów trzech różnych producentów różniły się w sposób statystycznie istotny. (załącznik 3 pozycja 2.10.) Różnice w cechach reologicznych jogurtów mogły wynikać z sposobu produkcji i użytych przez producentów substancji kształtujących strukturę.

Pomiary reologiczne z wykorzystaniem mieszadeł mogą stanowić również narzędzie do oceny właściwości wybranych produktów spożywczych, na przykład pasztetu drobiowego czy degradacji karboksymetylocelulozy wykorzystywanej jako stabilizator w przemyśle spożywczym. Wyniki praktycznego wykorzystania mieszadeł w reologii przedstawiają zespolone publikacje z załącznika 3 (2.4., 2.7., 2.14., 2.15.), których jestem współautorem.

W prowadzonych pracach, do określania cech pasztetów drobiowych różnych producentów, wykorzystywano mieszadło skrzydełkowe typu „vane”. Analizując wyniki pomiarów, a w szczególności przebieg zmian naprężeń stycznych w funkcji częstości obrotów mieszadła stwierdzono, że pasztety charakteryzowały się właściwościami tzw. idealnego smarowidła. Próbki posiadały granicę płynięcia, która zapewniała utrzymanie kształtu pod własnym ciężarem i jednocześnie małą lepkość pozorną.

Oddzielne badania prowadzone z moim udziałem to prace mające na celu określenie wpływu dodatków strukturotwórczych na reologiczne właściwości emulsji typu o/w. Doświadczenia wykazały że zastosowane: guma guar, guma ksantan i guma guar (o średniej lepkości) decydują o właściwościach reologicznych emulsji. Badane układy dyspersyjne posiadały właściwości lepkosprężyste, a testy oscylacyjne wskazywały na dominację cech sprężystych nad lepkiemi. Otrzymane podczas homogenizacji emulsje cechowały się granicą płynięcia w zakresie od 25,2-40,6 Pa. Charakterystyki reologiczne otrzymanych i badanych emulsji zależały od zastosowanego do ich wytwarzania stabilizatora (załącznik 3 - 2.5)

Również w zespole Katedry Inżynierii i Aparatury prowadziliśmy prace badawcze nad stabilizacją emulsji cząstkami bentonitu (załącznik 3 publikacja 2.6.). Zagadnienia stabilizacji emulsji ciałami stałymi, tzw. emulsje Pickeringa, należą do tematyki, która ciągle jest aktualna i rozwijana. Taki sposób stabilizacji może być wykorzystany do zastąpienia syntetycznych emulgatorów naturalnymi, stabilizującymi emulsje w podobny lub zbliżony sposób.

Wykonywane przeze mnie pomiary właściwości reologicznych różnych produktów spożywczych stanowiły także element prac prowadzonych w ramach tematu usługowego, którego byłem kierownikiem w latach 2006-2012. Prace skupiały się na wyznaczeniu charakterystyk płynięcia produktów spożywczych w zależności od temperatury. Służyły one do obliczenia lepkości pozornej w szerokim zakresie temperatur. Wyznaczona i obliczona lepkość pozorna była wykorzystywana przez zleceniodawców do obliczeń niezbędnych do właściwego zaprojektowania instalacji procesowych. Badałem takie produkty, jak: jogurt,

śmietana, śmietanka, koncentrat serwatki, serki kwasowo-podpuszczkowe, pulpy i wsady owocowe, czy krem do rąk. Wyniki tych pomiarów nie były publikowane.

5.3. Procesy membranowe jako metoda separacji składników suchej substancji

Procesy membranowe należące do technik separacji znajdują wiele zastosowań w przemyśle spożywczym. Pozwalają one na pozyskiwanie wartościowych składników suchej substancji, czy odzyskiwanie wody ze strumieni odpadowych przemysłu spożywczego. Będąc członkiem zespołu Pani profesor Lidii Zander brałem udział w projekcie Oddziału PAN w Olsztynie finansowanym przez NCBR pt. „Opracowanie technologii produktów piekarskich z udziałem koncentrowanych składników mleka pozyskanych z serwatki jako funkcjonalnych i odżywczych komponentów sprzyjających profilaktyce zdrowia” (N R12 0086 06/2009).

Z uwagi na dużą produkcję serów twarogowych w polskich zakładach mleczarskich ciągle aktualne są prace mające na celu zagospodarowanie kwaśnej serwatki. W projekcie prowadziliśmy badania nad separacją suchej substancji kwaśnej serwatki, którą po koncentracji z wykorzystaniem pilotowej instalacji membranowej wyposażonej w poliamidowe membrany rurkowe suszyliśmy rozpryskowo. W trakcie prac badawczych poddano zagęszczaniu metodami NF lub UF i wysuszono około 3 ton serwatki kwasowej. Prace eksperymentalne pozwoliły określić, w jakim stopniu proces membranowy zmienia zawartość wybranych związków mineralnych i kwasu mlekowego w koncentratkach. Oceniano również zmiany szybkości przepływu strumienia permeatu. Cennym uzupełnieniem informacji procesowych uzyskanych z doświadczeń są zmiany oporów permeacji podczas UF i NF kwaśnej serwatki. Dane te mogą być wykorzystane do obliczeń projektowych instalacji membranowych. Doświadczenia potwierdziły, że do procesu otrzymywania koncentratu białek z kwaśnej serwatki można zastosować rurkowe membrany poliamidowe. Wyniki doświadczeń zrealizowanych w ramach tego projektu zostały opublikowane w czasopiśmie polskich i zagranicznych (załącznik 3 1.5, 1.6., 2.19., 2.20.) oraz były przedmiotem komunikatów na konferencjach naukowych (5.16., 5.18., 5.20., 5.21., 5.23.)

Ceramiczne membrany mikrofiltracyjne, stanowiące przegrodę porowatą, mogą być również wykorzystane do procesu emulgowania. Proces ten jest mniej energochłonny niż metody tradycyjne umożliwia uzyskanie emulsji o wąskim rozkładzie wielkości cząstek fazy rozproszonej. W roku 2011 na XL Sesji Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk w Warszawie zaprezentowałem wyniki doświadczeń naszego zespołu nad procesem

emulgowania membranowego (załącznik 3 pozycja 5.14.). Obecnie prace nad procesem emulgowania membranowego są kontynuowane i stanowią przygotowanie do pracy doktorskiej mgr. Pawła Banaszczyka (jestem promotorem pomocniczym tej pracy) (załącznik 3 pozycja 12.4.).

W ramach prac nad wykorzystaniem przegród porowatych w przemyśle, razem z zespołem, opracowaliśmy technologie wytwarzania mikrocząstek substancji chemicznych o wymiarach rzędu mikrometrów lub mniejszych (tzw. mikro- lub nanopartykuł). To nowatorskie rozwiązanie znalazło uznanie w postaci przyznanego w 2017 roku patentu pt. Sposób wytwarzania mikrocząstek substancji chemicznych - PL 226085 B1. Tą metodą, stosując ceramiczne membrany mikrofiltracyjne, odpowiednie środowisko reakcji i parametry procesowe, można otrzymać np. partykulatory z białek mleka, czy żelatyny. Prace nad procesem partykułowania membranowego są kontynuowane i stanowią przygotowanie do pracy doktorskiej mgr. Malwiny Banaszczyk (jestem promotorem pomocniczym tej pracy) (załącznik 3 pozycja 12.3.).

5.4. Mikrokapsułkowanie substancji biologicznie aktywnych

Mikrokapsułkowanie to czwarty obszar moich zainteresowań naukowych. Jest to proces, w którym wokół substancji aktywnej tworzona jest powłoka ochronna pozwalająca wydłużyć jej właściwości prozdrowotne. Zadaniem powłoki ochronnej jest ograniczenie migracji tlenu, związków aromatycznych, zwiększenie odporności na czynniki technologiczne, którym mikrokapsułki będą poddawane w dalszych procesach podczas produkcji żywności. Najczęściej podczas mikrokapsułkowania płynne składniki przekształcane są do postaci cząstek stałych, czyli drobnych proszków. Prowadzone w Katedrze Inżynierii i Aparatury Procesowej prace nad kapsułkowaniem pozwoliły uzyskać dofinansowanie projektu badawczego, w którym brałem czynny udział. Projekt pt. „Kształtowanie mikrostruktury i fizycznych właściwości mikrokapsulek bioolejów roślinnych” (N312214539) miał na celu m.in. opracowanie składu matrycy mikrokapsulek olejów: amarantusowego, rokitnikowego i wiesiołka. Podstawą do stworzenia matrycy były mieszaniny koncentratu białek mleka, maltodekstryny, laktozy i gumy arabskiej. W ramach prac doświadczalnych określano stopień dyspersji składników emulsji o zróżnicowanym składzie przy różnych technikach dyspergowania wychodząc z założenia, że stopień zdyspergowania i stabilność emulsji mają wpływ na stopień zamknięcia oleju. Przeprowadzone eksperymenty uwiarykowały, że zastosowanie emulgowania membranowego pozwala uzyskać monomodalny rozkład wielkości kropeł fazy rozproszonej. Podczas

realizacji projektu otrzymywano kapsułki metodą suszenia rozpryskowego, a także mikrokapsułki żelowe, w których barierę ochronną stanowił żel alginianu wapniowego. Właściwości otrzymanych kapsułek zostały opisane w publikacjach zestawionych w załączniku 3 (poz. 2.22., 2.23., 2.24., 2.25.), jak również w niepublikowanym sprawozdaniu z grantu załącznik 3 pozycja 7.3.

Wyniki badań otrzymane w ramach grantu zainspirowały mnie do dalszych, znacznie poszerzonych badań związanych z mikrokapsułkowaniem oleju z amarantusa co w efekcie pozwoliło na przygotowanie monografii habilitacyjnej. W moich doświadczeniach zastosowałem białka serwatkowe koniugowane z sacharydami w celu wytworzenia mikrożeli, które umożliwiły otrzymanie stabilnych emulsji o drobnych rozmiarach fazy rozproszonej. Pozwoliło to również na uzyskanie stabilnych emulsji i większego stopnia zamknięcia oleju.

Oddzielną część prac badawczych które również dotyczyły kapsułkowania substancji aktywnych były doświadczenia realizowane w warunkach przemysłowych. Ich celem było zamknięcie w matrycy spożywczej estrów oleju lnianego stanowiących źródło kwasów omega 3 i 6. Charakterystykę makrostruktury i struktury wewnętrznej cząstek proszku otrzymanych metodą suszenia rozpryskowego przedstawiono w publikacji 2.18. (załącznik 3). Otrzymane proszki posiadały duży zakres zmian wielkości cząstek, w przedziale 3,9-124,8 μm , z przewagą cząstek poniżej 40 μm . Elementy struktury wewnętrznej miały średnice w zakresie 0,141-1,915 μm , odpowiadające średnicom kropeł fazy olejowej w emulsjach przed suszeniem. Zespołowe prace nad kapsułkowaniem estrów etylowych oleju lnianego zaowocowały otrzymaniem trzech patentów zagranicznych i jednego polskiego, których jestem współautorem (załącznik 3 pozycja 6b.4., 6.b.5., 6.b.7., 6.b.9.).

Liczne, niepublikowane prace, nad kapsułkowaniem w matrycach żelu alginianu wapnia pozwoliły na złożenie zastrzeżenia i otrzymanie patentu na „Sposób formowania biopolimerowych kapsułek” (załącznik 3 pozycja 6.a.7., 6.b.8). Chroniona przez prawo metoda umożliwia otrzymanie kapsułek o dowolnym kształcie. Możliwości tej metody kapsułkowania zostały przedstawione w formie plakatu na V Seminarium Inżynierii Żywności w Warszawie (załącznik 3 pozycja 5.26).

5.6.Podsumowanie dorobku naukowego

Mój dorobek naukowy stanowią (tab. 1):

- **Monografia naukowa** pt. „Mikrokapsułkowanie oleju z nasion amarantusa w mikrożelowanych matrycach białkowo-sacharydowych”, stanowiąca osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki;
- **82** oryginalne prace twórcze w czasopismach recenzowanych (w tym 6 w czasopismach z grupy A) i **28** komunikatów przedstawionych na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych;
- **12** zastrzeżeń patentowych;
- **10** przyznanych patentów;
- Udział w 2 dwóch grantach (główny wykonawca);
- **8** recenzji dla czasopism naukowych;
- Sumaryczny Impact Factor moich publikacji: **9,388**;
- Suma cytowań prac wg. Web of Science Core Collection w części Basic Search i Cited Reference Search = 43;
- Liczba cytowań wg Web of Science = 20 (18 bez autocytowań);
- Indeks Hirscha wg bazy Web of Science = 3.

Tabela 1. Tabelaiczny wykaz dorobku naukowego

Kategoria	Liczba publikacji	IF ¹	Liczba cytowań ²	Punkty ³
Oryginalne prace twórcze przed uzyskaniem stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach wymienionych w części A wykazu MNiSW2017	3	1,935	9	45
Publikacje w czasopismach wymienionych w części B wykazu MNiSW2017	2			24
Oryginalne prace twórcze po uzyskaniu stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach wymienionych w części A wykazu MNiSW2017	3	7,453	12	95
Publikacje w czasopismach wymienionych w części B wykazu MNiSW2017	24			209
Publikacje w czasopismach nie wymienione w wykazach MNiSW ₂₀₁₇ Prace naukowe Prace popularno-naukowe	10 8			
Monografie naukowe w języku polskim	1			25
Rozdziały w monografiach naukowych w języku angielskim	3	-	4	20
Rozdziały w monografiach naukowych w języku polskim	1	-	-	4
Referaty, komunikaty i doniesienia naukowe na konferencjach krajowych i międzynarodowych				
przed uzyskaniem stopnia doktora	11			
po uzyskaniu stopnia doktora	25			

Zastrzeżenia patentowe	12			24
Patenty	10			225
Cały dorobek naukowy	113	9,388	43*	671

¹ Impact Factor wg listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania

² Liczba cytowań wg Web of Science na dzień 04 marzec 2019

³ Punkty MNiSW wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26-01-2017 r w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

*Suma cytowań prac wg. Web of Science Core Collection w części Basic Search i Cited Reference Search

6. Podsumowanie pozostałego dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Oprócz omówionej aktywności naukowo-badawczej wykonałem również 3 recenzje artykułów dla Zeszytów Problemowych Nauk Rolniczych, 5 recenzji dla Aparatury Inżynierii Chemicznej oraz 3 opinie o innowacyjności dla Centrum Transferu i Technologii UWM w Olsztynie.

W ciągu wszystkich lat zatrudnienia na Katedrze Inżynierii i Aparatury Procesowej prowadziłem zajęcia dydaktyczne w formie ćwiczeń na kierunku Technologia i żywienie człowieka oraz Inżynieria chemiczna i procesowa Wydziału Nauki o Żywności z takich przedmiotów jak: Aparatura biotechnologiczna, Aparatura gastronomiczna, Inżynieria procesowa, Reologia techniczna, Wybrane techniki procesowe, Aparatura przemysłu spożywczego, Aparatura przetwórstwa mięsnego, Technologia chemiczna, Procesy i instalacje membranowe, Woda i ścieki w zakładach przemysłowych, Laboratorium operacji jednostkowych, Technologia chemiczna oraz Aparatura w przemyśle mleczarskim. Dla studentów Wydziału Biologii i Biotechnologii prowadzę zajęcia z przedmiotu Podstawy projektowania w biotechnologii.

Prowadzę wykłady z następujących przedmiotów: Aparatura gastronomiczna dla kierunku Technologia i żywienie człowieka i Gastronomia i sztuka kulinarna, Woda i ścieki w zakładach przemysłowych oraz Procesy i instalacje membranowe dla kierunku Inżynieria chemiczna i procesowa oraz Aparatura w przemyśle mleczarskim dla kierunku Technologia żywności i żywienie człowieka, Procesy cieplne w gastronomii dla kierunku Gastronomia i sztuka kulinarna. Prowadzę również wykłady i ćwiczenia na II stopniu anglojęzycznych studiów Food Engineering z przedmiotu Technological equipment in food processing. Od 2000 roku byłem promotorem 26 prac magisterskich i 16 prac inżynierskich. Przez 4 lata

byłem opiekunem Koła Naukowego Inżynierii Chemicznej i Procesowej. Byłem też opiekunem jednego rocznika studentów Inżynierii chemicznej i procesowej, a obecnie jestem opiekunem pierwszego roku studentów Inżynierii przetwórstwa żywności.

Prowadzę również działalność organizacyjną. W latach 2012-2016 brałem udział w pracach Wydziałowej Komisji ds. Nauki i Współpracy Wydziału Nauki o Żywności i Wydziałowej Komisji ds. Dydaktyki i Zapewnienia oraz Doskonalenia Jakości Kształcenia. Obecnie jestem członkiem Wydziałowej Komisji ds. Infrastruktury. Przez jedną kadencję byłem skarbnikiem w Oddziale olsztyńskim Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności. W latach 90-tych XX w. cztery razy byłem członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej. Od 15 lat jestem współorganizatorem Seminarium „Postęp Techniczny w Przetwórstwie Mleka TECHMILK”, pełniąc funkcję Sekretarza Konferencji od 2004 roku. Od 2003 roku, z roczną przerwą, jestem członkiem Jury i autorem pytań z zakresu techniki i BHP Olimpiady wiedzy o mleku i mleczarstwie.

Za działalność dydaktyczną i organizacyjną byłem 5-krotnie wyróżniony nagrodami JM Rektora UWM w latach 1992, 1995, 1996, 1997, 1998. W 2000 i 2002 r. otrzymałem Nagrodę Rektora UWM II stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej.

W roku 2008 byłem członkiem komitetu organizacyjnego konferencji „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego” pełniąc funkcję sekretarza. Dwukrotnie organizowałem i prowadziłem zajęcia w ramach Olsztyńskich Dni Nauki i Sztuki. Trzy razy brałem udział w pracach zespołów Wydziału Nauki o Żywności organizujących dni otwarte na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim. Brałem również udział w promocji Uniwersytetu w dwóch szkołach: w Łomży, oraz w Kętrzynie.

Do działalności organizacyjnej zaliczam również kierowanie i wykonywanie badań w ramach tematu badawczego realizowanego w 2017 roku dla firmy Schwarte-Milfor pt. Analiza porównawcza właściwości mleka surowego i efektów ekonomicznych podczas eksploatacji cystern wyposażonych w system próżniowy i wirnikowy poboru mleka w celu modernizacji i rozwoju mobilnego wyposażenia odbioru mleka. Prezentacja uzyskanych w ramach tych badań wyników została wyróżniona w 2018 roku na VI Sympozjum Inżynierii Żywności w Warszawie.

