



Politechnika Łódzka
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
ul. Wólczańska 213, 90-924 Łódź
tel. 42 631-37-00, fax 42 631-37-41



dr inż. Magdalena Orczykowska

AUTOREFERAT

Załącznik 3 do wniosku
o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Łódź 2016

SPIS TREŚCI

1. Dane osobowe.....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.).....	4
4.1. Tytuł.....	4
4.2. Wykaz dorobku naukowego będącego podstawą wniosku.....	4-5
4.3. Omówienie tematyki badań będącej podstawą wniosku.....	5-7
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	7-22
6. Charakterystyka dorobku dydaktycznego.....	22-23
7. Charakterystyka dorobku popularyzatorskiego.....	23-24

1. Dane osobowe

- imię i nazwisko: **Magdalena Orczykowska**
- obecnie zajmowane stanowisko: **adiunkt**
- miejsce pracy: **Politechnika Łódzka**
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Katedra Inżynierii Chemicznej
ul. Wólczańska 213, 90-924 Łódź
email: magdalena.orczykowska@p.lodz.pl

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuły broniomych prac

- **tytuł zawodowy inżyniera** – egzamin dyplomowy inżynierski z wynikiem bardzo dobrym 1995r., Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka
tytuł pracy inżynierskiej: „Ocena stanu środowiska linii produkcyjnej Granatu Siarkowego RL w ZPB „Boruta” S.A. w Zgierzu”, promotor pracy dr hab. inż. Andrzej Doniec
- **tytuł magistra** – egzamin dyplomowy magisterski z wynikiem bardzo dobrym 1996r., Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka
tytuł pracy magisterskiej: „Woltamperometryczne oznaczanie jonów kadmu i ołowiu w roztworach wodnych i ściekach przemysłowych”, promotor pracy: dr hab. inż. Andrzej Doniec
- **stopień doktora** – 2002r., Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka
tytuł rozprawy doktorskiej: „Badanie hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich”, promotor pracy: prof. dr hab. inż. Marek Dziubiński

3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 01.02.2006r. - adiunkt w Katedrze Inżynierii Chemicznej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ
- 01.02.2005r. - asystent w Katedrze Inżynierii Chemicznej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ
- 01.11.2004r. - starszy chemik w Katedrze Inżynierii Chemicznej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ
- 02.11.1995r.-30.06.1996r. - referent techniczny w Katedrze Procesów Ciepłych i Dyfuzyjnych, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ. W okresie tym współpracowałam z Ośrodkiem „SOZO”, m.in. przy organizacji seminarium „Minimalizacja odpadów w przemyśle spożywczym”.
- 01.03.1995r.-31.08.1995r. - współpraca z Ośrodkiem Zapobiegania Zanieczyszczeniu Środowiska „SOZO” przy PŁ, sponsorowanym przez World Environment Center. W okresie tym uczestniczyłam w próbie minimalizacji odpadów w Fabryce Dywanów „Dywilan” w Łodzi na wydziale farbiarskim.

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

4.1. Tytuł

Ocena właściwości lepkosprężystych żeli skrobiowych za pomocą
ułamkowych modeli reologicznych

4.2. Wykaz dorobku naukowego będącego podstawą wniosku

Jako osiągnięcie naukowe, w rozumieniu art. 16 w/w ustawy, będące podstawą do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna przedstawiam monografię pt.:

H1:

- „Ocena właściwości lepkosprężystych żeli skrobiowych za pomocą ułamkowych modeli reologicznych”, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015.
Mój udział wynosi 100%.

oraz cykl następujących publikacji bezpośrednio powiązanych tematycznie:

H2:

- **Magdalena Orczykowska** “Interaction between starch paste and gellan gum mixtures. Part A: Wheat starch”, International Journal of Engineering and Science Invention 4(7), 53-64 (2015) – IF=1,786; I-szy raz nadany IF – brak na liście czasopism MNiSW.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na koncepcji pracy, zaplanowaniu eksperymentu, przeprowadzeniu pomiarów, analizie danych, opracowaniu równań korelacyjnych w postaci zaproponowanego modelu reologicznego, opracowaniu zarówno w formie graficznej i tabelarycznej wyników do publikacji oraz dyskusji wyników, a także redakcji tekstu pracy.

Mój udział wynosi 100%.

H3:

- **Magdalena Orczykowska** “Interaction between starch paste and gellan gum mixtures. Part B: Potato starch”, International Journal of Engineering and Science Invention 4(7), 42-52 (2015) – IF=1,786; I-szy raz nadany IF – brak na liście czasopism MNiSW.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na koncepcji pracy, zaplanowaniu eksperymentu, przeprowadzeniu pomiarów, analizie danych, opracowaniu równań korelacyjnych w postaci zaproponowanego modelu reologicznego, opracowaniu zarówno w formie graficznej i tabelarycznej wyników do publikacji oraz dyskusji wyników, a także redakcji tekstu pracy.

Mój udział wynosi 100%.

H4:

- **Magdalena Orczykowska** „Zastosowanie ułamkowych modeli reologicznych do oceny właściwości lepkosprężystych żeli skrobiowych”, Inżynieria i Aparatura Chemiczna 54, 344-345 (2016) – MNiSW=5.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na koncepcji pracy, zaplanowaniu eksperymentu, przeprowadzeniu pomiarów, analizie danych, opracowaniu równań korelacyjnych w postaci zaproponowanego modelu reologicznego, opracowaniu zarówno w formie graficznej i tabelarycznej wyników do publikacji oraz dyskusji wyników, a także redakcji tekstu pracy.

Mój udział wynosi 100%.

4.3. Omówienie tematyki badań będącej podstawą wniosku

Z perspektywy aktywności badawczej w obszarze właściwości lepkosprężystych biomateriałów moja monografia habilitacyjna miała dwa zasadnicze cele. Były to:

- i). usystematyzowanie zagadnień związanych ze stanem mechanicznym struktury i wykazanie że właściwości mechaniczne biomateriałów mogą być opisane za pomocą udziału poszczególnych elementów lub też prostych modeli złożonych z tych elementów w ogólnym zachowaniu się tych biomateriałów,
- ii). przeprowadzenie analizy stanu mechanicznego struktury biomateriałów w postaci czystego kleiku skrobiowego otrzymanego ze skrobi o różnym pochodzeniu botanicznym i wyjaśnienie wpływu obecności innego hydrokoloidu polisacharydowego w postaci gumy gellanowej w układzie z kleikiem skrobiowym na właściwości reologiczne takiego biomateriału przez zastosowanie ułamkowego modelu standardowego ciała stałego.

W części teoretycznej pracy dokonałam wnikliwego i krytycznego przeglądu literatury przedmiotu dotyczącego ułamkowych modeli reologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem standardowego modelu ciała stałego, złożonego z trzech prostych elementów typu sprężyna i tłumik w różnych konfiguracjach. Prześledziłam historię rozwoju tego modelu od najprostszej jego wersji, czyli modelu Debye’a aż do rozwiązania zaproponowanego przez Friedricha i Brauna, a umożliwiającego ocenę właściwości lepkosprężystych biomateriałów w szerokim zakresie zmian częstości oscylacji. Szczególnie dużo uwagi poświęciłam wprowadzeniu do klasycznych modeli mechanicznych elementu lepkosprężystego Scotta-Blaira nazywanego również springpotem. Wyjaśniłam, że jest to element łączący w sobie zarówno cechy sprężyste elementu typu sprężyna jak i cechy lepkie elementu typu tłumik. Na podstawie dokonanego przeglądu literatury stwierdziłam także, że model mechaniczny z wbudowanym elementem Scotta-Blaira nie narzuca z góry określonych właściwości badanego medium (sprężystych czy też lepkich), ale pozwala na wyznaczenie parametrów reologicznych opisujących zachowanie się medium zgodne z jego cechami fizycznymi.

Usystematyzowanie zagadnień związanych ze stanem mechanicznym struktury biomateriałów i wykazanie przydatności modeli mechanicznych do opisanego zachowania się tych biomateriałów wymagało również wyjaśnienia zalet ułamkowych modeli reologicznych. Najważniejszą z nich jest zaś możliwość opisanego zachowań dynamicznych za pomocą jednego równania, które zawiera pewną liczbę parametrów będących stałymi określającymi cechy lepkosprężyste badanego biomateriału, które mogą być przydatne do oceny jego właściwości z technologicznego punktu widzenia. Wśród tych parametrów wymienić należy chociażby takie parametry jak: całkowita sprężystość sieci, moc sieci, gęstość usieciowania, czy też współczynnik tłumienia drgań mechanicznych przez wytworzoną sieć. Mając na uwadze potrzeby inżynierii materiałowej przedyskutowano jednocześnie metody wyznaczania

modułu lepkosprężystego plateau odzwierciedlającego moc sieci. Zwróciłam uwagę na brak wśród tych metod, metody graficznej van Gurpa-Palmena opierającej się na przedstawieniu danych doświadczalnych na wykresie w postaci zależności kąta przesunięcia fazowego δ w funkcji modułu zespolonego $|G^*|$ odzwierciedlającego stosunek największych naprężeń do największych odkształceń. Przedyskutowałam zaletę tej metody w stosunku do metod prezentowanych w pracy [52], a polegającej na tym, że jest ona niezależna od rozrzutu masy cząsteczkowej, a więc jest jednakowa zarówno dla materiałów monodispersyjnych, jak i polidispersyjnych, zależy natomiast jedynie od skali eksperymentu, a tym samym i od zakresu posiadanych danych doświadczalnych.

W części doświadczalnej pracy przeanalizowałam natomiast interakcje skrobi natywnych w postaci skrobi kukurydzianej, pszennej, ziemniaczanej oraz tapiokowej z dwoma różnymi postaciami gumy gellanowej – jej postacią nisko- i wysokoacylową. Oceny właściwości lepkosprężystych takich układów biologicznych dokonałam w oparciu o ułamkowy model reologiczny wykorzystując do tego celu podejście Maxwella-Wiecherta. Do opisu spektrum mechanicznego czystych kleików skrobiowych oraz mieszanin tych kleików z gumą gellanową, zbudowałam własny model będący uogólnionym modelem Maxwella-Wiecherta obejmujący wolne i szybkie procesy dyssypacyjne w szerokim oknie zmian częstości oscylacji. Udowodniłam, że w przypadku zastosowania ułamkowego modelu reologicznego bardzo istotnym zagadnieniem jest identyfikacja parametrów tego modelu na podstawie danych doświadczalnych, zaś sam proces identyfikacji jest tzw. problemem odwrotnym. Co w praktyce oznacza, że w procesie identyfikacji dokonuje się w pierwszej kolejności aproksymacji wyników doświadczalnych funkcjami trygonometrycznymi, zaś w drugiej kolejności wyznacza się parametry reologiczne zastosowanego modelu.

Mając na uwadze przede wszystkim praktyczny aspekt przeprowadzanej oceny, a zwłaszcza istotne z technologicznego punktu widzenia właściwości lepkosprężyste kleików skrobiowych i ich mieszanin z gumą gellanową, dokonałam analizy porównawczej wszystkich czterech zastosowanych do badań skrobi natywnych o różnym pochodzeniu botanicznym w oparciu o następujące parametry reologiczne zaproponowanego własnego ułamkowego modelu reologicznego: modułu równowagowego G_e reprezentującego sprężystość sieci, modułu lepkosprężystego plateau G_N^0 reprezentującego moc sieci, gęstości usieciowania ω_0 , lepkości newtonowskiej η_0 w warunkach ustalonego przepływu, sztywności żelu S , współczynnika tłumienia drgań sieci k , szerokości lepkosprężystego plateau L , łączącej w sobie parametry opisujące szybkie i wolne procesy dyssypacyjne. Wykazałam tym samym, że jednym z podstawowych parametrów zaproponowanego własnego ułamkowego modelu reologicznego do oceny właściwości lepkosprężystych żeli skrobiowych modyfikowanych dodawaną nisko- i wysokoacylową gumą gellanową okazała się lepkość newtonowska η_0 w warunkach ustalonego przepływu. Znajomość wielkości wartości tego parametru pozwoliła mi na stwierdzenie jak miękkie bądź jak twarde żele powstawały w kleikach skrobiowych o różnym pochodzeniu botanicznym w towarzystwie nisko- i wysokoacylowej gumy gellanowej.

W wyniku przeprowadzonej analizy zachowań dynamicznych badanych mediów stwierdziłam, że guma gellanowa w kleikach skrobiowych tworzy biomateriały o strukturze przedstawiającej zachowanie się typowe dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych.

Niskoacylowa guma gellanowa w kleikach tych prowadzi do powstania żeli o wysokiej sprężystości sieci i mocy usieciowania struktury, ale jednocześnie tworzy żele o stosunkowo wysokiej sztywności i twardości, z dużymi możliwościami tłumienia drgań mechanicznych.

[52] Liu Ch., He J., van Ruymbeke E., Keunings R., Bailly Ch.: Evaluation of different methods for the determination of the plateau modulus and the entanglement molecular weight. Polymer 47, 4461-4479 (2006).

Wysokoacylowa guma gellanowa w kleikach skrobiowych prowadzi zaś do powstania żeli o wyższej sprężystości sieci i mocy usieciowania struktury niż niskoacylowa guma gellanowa, a ponadto tworzy żele o wyższej sztywności i twardości, ale mniejszej możliwości tłumienia drgań mechanicznych.

W rezultacie przeprowadzona w pracy analiza danych doświadczalnych pozwoliła na uszeregowanie żeli skrobiowych o różnym pochodzeniu botanicznym według ich rosnących właściwości lepkosprężystych. Szereg ten przedstawia się następująco (w odniesieniu do nazwy rośliny, z której pochodzi skrobia):

maniok < ziemniak < pszenica < kukurydza.

Tym samym udowodniłam, że przeprowadzona kompleksowa analiza stanu mechanicznego struktury biomateriałów, za pomocą ułamkowych modeli reologicznych może być przydatna do kontroli lub odpowiedniego kształtowania struktury biomateriału na potrzeby wytwarzanego produktu, co jest szczególnie istotne z punktu widzenia inżynierii materiałowej i cech użytkowych produktu. Wykazałam jednocześnie pełną przydatność metod fenomenologicznych, w postaci ułamkowych modeli reologicznych do oceny właściwości lepkosprężystych biomateriałów tworzonych przez kleiki skrobiowe o różnym pochodzeniu botanicznym, co było jednym z podstawowych celów mojej monografii habilitacyjnej.

Jednocześnie zaproponowany w mojej pracy, nowy uogólniony model Maxwella-Wiecherta może być stosowany nie tylko do przebadanych przez mnie żeli skrobiowych, ale również do innych mediów lepkosprężystych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

W początkowym okresie mojej działalności naukowej zajmowałam się zagadnieniami związanymi z przepływem dwufazowym gaz-ciecz, a zwłaszcza z przepływem pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy newtonowskiej i nienewtonowskiej w pionowych kolumnach szklanych. W rezultacie zaowocowało to nadaniem mi w marcu 2002r. stopnia doktora nauk technicznych przez Radę Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej.

Mój najbardziej wartościowy opublikowany dorobek naukowo-badawczy powstał właśnie w okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

W pierwszej fazie mojej działalności naukowej dotyczył on przede wszystkim zagadnień, którymi zajmowałam się w pracy doktorskiej. Działalność naukową w tym zakresie prowadziłam pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Dziubińskiego.

Przepływy wielofazowe, a zwłaszcza przepływy dwufazowe należały wówczas do najbardziej dynamicznie rozwijającego się nurtu badań w mechanice płynów. Wynikało to z ich ścisłego powiązania z intensywnie prowadzonymi badaniami w dziedzinie inżynierii bioprosesowej, biotechnologii, energetyce, a przede wszystkim inżynierii ochrony środowiska. Tworzenie się bowiem pęcherzy gazowych oraz ich przepływ przez warstwę cieczy należą do zjawisk występujących często w różnych procesach i urządzeniach technicznych. W inżynierii środowiska wytwarza się pęcherze gazowe w celu aeracji wód i ścieków, w procesach ich oczyszczania i uzdatniania. Z przepływem pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy mamy również do czynienia w półkowych kolumnach rektyfikacyjnych lub absorpcyjnych, w płuczkach do gazu, w aparatach saturacyjnych w cukrowniach, jak również w procesie flotacji. Należy wspomnieć także i te procesy, w których obecność pęcherzy gazowych w cieczy wpływa bardzo negatywnie na prowadzone procesy technologiczne. Należą do nich na przykład procesy formowania włókien z cieczy o bardzo dużych lepkościach.

Tworzące się w cieczy pęcherze gazowe mogą występować pod różnymi postaciami, poczynając od drobnych kulistych pęcherzyków, a skończywszy na pęcherzach o nieregularnych kształtach wypełniających w wielu wypadkach prawie cały przekrój poprzeczny przewodu. Podstawowe zagadnienia hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych w cieczach, a więc mapy kształtów pęcherzy, udziały faz, prędkości przepływu takiej mieszaniny, ciągle jeszcze były we wstępnym etapie badań. A trudności w jego opisie wynikały z faktu, że kształty pęcherzy gazowych oraz ich zachowanie się w cieczach nienewtonowskich podczas przepływu zależały od bardzo wielu zmiennych. Do najważniejszych z nich należały: stan powierzchni przepływającego pęcherza (sztywna lub elastyczna), kanałowanie przepływu, stochastyczny przepływ, efekty przyścienne, cyrkulacja gazu w pęcherzu. Dodatkowe trudności dotyczyły opisu matematycznego zachodzących podczas przepływu pęcherzy zjawisk, opanowania skomplikowanych metod pomiarowych oraz złożone właściwości reologiczne w przypadku przepływu pęcherzy przez warstwę cieczy nienewtonowskiej.

Dokonany przeze mnie krytyczny przegląd literatury przedmiotu dotyczący tych zagadnień pozwolił stwierdzić, że:

- i). większość dostępnych wówczas opracowań dotyczących przepływu pęcherzy gazowych w cieczach odnosi się do cieczy newtonowskich, natomiast dla cieczy nienewtonowskich istniały jedynie nieliczne opracowania nie dające pełnego obrazu zagadnienia przepływu pęcherzy przez tego typu ciecze,
- ii). brak było prac dotyczących określania kształtów pęcherzy podczas przepływu przez ciecze nienewtonowskie za pomocą odpowiednich map kształtów pęcherzy,
- iii). zagadnienie określania prędkości wznoszenia się pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich nie było opracowane ze względu na złożony mechanizm przepływu wynikający z właściwości reologicznych cieczy nienewtonowskich,
- iiii). brak było prac dotyczących wielkości i wpływu tzw. efektów przyściennych na przepływ pojedynczych pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy nienewtonowskiej.

Pierwszy etap prowadzonej działalności naukowej w zakresie hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy nienewtonowskiej dotyczył sprawdzenia możliwości zastosowania mapy kształtów Grace'a – opracowanej oryginalnie dla przepływu pęcherzy w cieczach newtonowskich – do określania warunków tworzenia się określonych kształtów pęcherzy przepływających przez ciecze nienewtonowskie. Podjęłam wówczas próbę uogólnienia mapy Grace'a na przepływ pęcherzy w cieczach nienewtonowskich.

Oryginalna postać mapy Grace'a jest wykresem przedstawiającym wzajemne zależności między bezwymiarowymi liczbami kryterialnymi w postaci liczby Reynoldsa, liczby Eötvösa i liczby Mortona. Zaproponowana przeze mnie modyfikacja tej mapy polegała na uwzględnieniu w tworzących ją modułach bezwymiarowych, w których występuje lepkość cieczy newtonowskiej, lepkości cieczy nienewtonowskiej. Uzyskałam to poprzez opisanie modelem potęgowym Ostwalda de Waele lepkości cieczy nienewtonowskich w określonym zakresie szybkości ścinania odpowiadającym prędkości wznoszenia się pęcherzy gazowych w tych cieczach. Określiłam tym samym granice stref występowania określonych kształtów pęcherzy tworzących się w cieczach nienewtonowskich, jak również podałam korelacje oparte na modułach bezwymiarowych, umożliwiające obliczenie prędkości wznoszenia się pęcherzy w tych cieczach w zależności od kształtu tworzącego się pęcherza gazowego.

Drugi etap prowadzonej działalności naukowej w zakresie hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy nienewtonowskiej obejmował zaproponowanie równań korelacyjnych opisujących prędkość przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich. W tym celu podjęłam próbę uogólnienia metody Johnsona i Braida oraz metody Abu-El Hassana, a także opracowania równania korelacyjnego opisującego współczynnik oporu ośrodka C_D dla szerokiego zakresu zmian wartości liczby Reynoldsa

w oparciu o różne modele reologiczne opisujące właściwości cieczy nienewtonowskich. W metodach tych jednym z podstawowych parametrów koniecznych do opisu prędkości przepływu pęcherzy gazowych jest lepkość cieczy. O ile w przypadku cieczy newtonowskich sprawa jest prosta, gdyż ich lepkość jest wielkością stałą, o tyle w przypadku cieczy nienewtonowskich jest to wielkość zmienna zależna od gradientu prędkości w pobliżu ścianki pęcherza. Zdefiniowanie rzeczywistej wartości szybkości ścinania w pobliżu ścianki pęcherza gazowego jest zagadnieniem niezmiernie skomplikowanym, gdyż wpływa na nią duża zmienność kształtów tworzących się pęcherzy, w wielu wypadkach elastyczność ich powierzchni oraz trudność w określeniu udziału obszarów w pobliżu punktów stagnacji cieczy opływającej pęcherz gazowy, w których szybkość ścinania dąży do zera, a lepkość cieczy dąży do lepkości zerowej η_0 .

W pracach dotyczących przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich przyjmuje się jako pierwsze przybliżenie średniej wartości szybkości ścinania wokół pęcherza analogiczną postać jak dla opadającej kulki. Wartość ta niewiele odbiega od rzeczywistej wartości dla przepływu kulistych pęcherzy gazowych o sztywnej powierzchni i jest nieznacznie różniącą się od rzeczywistości dla pęcherzy o kształcie odbiegającym od kształtu kulistego. Taką właśnie postać średniej wartości szybkości ścinania wokół pęcherza gazowego przyjął przy modyfikowaniu metod pozwalających na określenie jego prędkości wznoszenia się w cieczach nienewtonowskich. Natomiast samą lepkość cieczy nienewtonowskiej określiłam stosując wspomniany już model potęgowy Ostwalda de Waele. Znajomość średniej wartości szybkości ścinania na powierzchni pęcherza gazowego przepływającego w cieczy nienewtonowskiej, pozwoliła mi na poznanie konkretnej wartości lepkości cieczy nienewtonowskiej w tym punkcie. W związku z tym w miejsce lepkości w oryginalnych modułach bezwymiarowych w metodzie Johnosona i Braida zastosowałam lepkość cieczy opisaną modelem potęgowym Ostwalda de Waele. Analogiczny tok rozumowania zastosowałam w uogólnieniu metody Abou-El-Hassana na przepływ pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich. Jednocześnie dla poprawy opisu szerokiego zakresu danych doświadczalnych zaproponowałam własną korelację umożliwiającą z większą dokładnością obliczenie prędkości przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich.

Należy zauważyć, że przy wyznaczaniu prędkości przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich często korzysta się z klasycznej koncepcji współczynnika oporu ośrodka C_D , przy czym do równań definiujących ten współczynnik wprowadza się dodatkowy współczynnik poprawkowy X_n uwzględniający wpływ właściwości nienewtonowskich cieczy na współczynnik oporu ośrodka C_D . W swoich rozważaniach nad tym zagadnieniem zaproponowałam własną postać współczynnika poprawkowego X_n stosując do tego celu model potęgowy Ostwalda de Waele. W dalszym etapie badań pozwoliło mi to na uogólnienie metody Rodrigue'a pozwalającej na określenie wartości współczynnika oporu ośrodka dla cieczy nienewtonowskich. Zastosowanie przeze mnie modelu potęgowego Ostwalda de Waele było jednak tylko jednym ze sposobów określenia wartości tego współczynnika. Innym modelem reologicznym, za pomocą którego starałam się przybliżyć dokładne wartości współczynnika oporu ośrodka C_D przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich był trójparametrowy model Carreau. Posłużył mi on do uogólnienia wspomnianej już metody Rodrigue'a, co zaowocowało zaproponowaniem własnej korelacji do tego celu. Korelacja ta pozwoliła na najlepszy (dokładniejszy) opis bardzo szerokiego zakresu danych doświadczalnych dla przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich (niewykazujących efektów sprężystych).

Trzeci etap prowadzonej działalności naukowej w zakresie hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych przez warstwę cieczy nienewtonowskiej dotyczył określenia wpływu efektów przyściennych na taki proces. Prowadzone przeze mnie badania pozwoliły

potwierdzić, że w cieczach newtonowskich o bardzo dużych lepkościach tworzące się kuliste pęcherze o sztywnej powierzchni wykazują takie same wartości efektów przyściennych jakie występują w przypadku opadającej w cieczy sztywnej kulki. Dla przepływu pęcherzy niekulistych w cieczach newtonowskich i nienewtonowskich zaproponowałam własne równania korelacyjne opisujące współczynnik efektów przyściennych. W tym miejscu warto nadmienić, że do chwili obecnej zaproponowane przeze mnie równanie korelacyjne opisujące efekty przyścienne przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich jest jedynym dostępnym równaniem pozwalającym opisać wielkość tych efektów w tych cieczach. Stwierdziłam również, że efekty przyścienne występujące przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich były nieznacznie mniejsze niż w cieczach newtonowskich. Uzyskane przeze mnie dane doświadczalne pozwoliły mi stwierdzić, że dla wartości stosunku średnicy pęcherza do średnicy zbiornika, czyli d_p/D mniejszego od 0,05 w przypadku cieczy newtonowskich i mniejszego od 0,1 w przypadku cieczy nienewtonowskich, efekty przyścienne przy przepływie pęcherzy gazowych w tych cieczach są zaniedbywalne.

Jednocześnie pragnę nadmienić, że realizacja prowadzonych przeze mnie badań nad hydrodynamiką przepływu pęcherzy gazowych w zespole p. prof. Marka Dziubińskiego była możliwa dzięki mojemu uczestnictwu jako jednego z wykonawców w projektach badawczych finansowanych ze środków budżetowych na naukę przez KBN. Na przestrzeni lat 1997-2009 brałam udział jako wykonawca w realizacji następujących projektów badawczych:

1. Projekt badawczy 3 T09C 014 12 „**Badanie hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych i opracowanie metod ich usuwania z cieczy o dużych lepkościach**”, zakończony w 2000r.
2. Projekt badawczy 4 T09C 030 22 „**Hydrodynamika przepływu pojedynczych pęcherzy powietrza przez nienaruszoną ciecz lepka i lepkością sprężystą**”, zakończony w 2004r.
3. Projekt badawczy 4 T09C 048 24 „**Ruch pęcherzy gazowych w płynach nienewtonowskich w polu sił odśrodkowych i ich usuwanie z płynów nienewtonowskich**”, zakończony w 2005r.
4. Projekt badawczy 3 T09C 009 28 „**Hydrodynamika przepływu dwufazowego ciecz-gaz w pionowych mikrokanalach**”, zakończony w 2008r.
5. Projekt badawczy 4 T09C 019 30 „**Wpływ częstości i amplitudy drgań na objętość krytyczną pęcherzy gazu i kropel cieczy podczas ich przepływu warstwę cieczy o złożonych własnościach reologicznych**”, zakończony w 2009r.

Tym samym prowadzone przeze mnie badania nad hydrodynamiką przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich zaowocowały powstaniem szeregu publikacji naukowych, wśród których do najważniejszych zaliczam te z listy Journal Citation Reports (JCR), są to:

- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Tomasz Kiljański, Paweł Budzyński: „Efekty przyścienne przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach newtonowskich i nienewtonowskich”, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* 22, 403 (2001).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska** „Współczynnik oporu ośrodka przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich”, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 23, 67 (2002).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Paweł Budzyński „Średnia wartość naprężenia stycznego i szybkości ścinania na powierzchni pęcherza gazowego przepływającego w cieczach nienewtonowskich”, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* 23, 481 (2002).

- Paweł Budzyński, Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska** „Kształty pęcherzy gazowych przepływających w cieczach nienewtonowskich”, Inżynieria Chemiczna i Procesowa 24, 533 (2003).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Paweł Budzyński „Comments on Bubble Rising Velocity in non-Newtonian Liquids”, Chemical Engineering Science 58, 2441 (2003).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Paweł Budzyński „Uogólnione równanie korelacyjne współczynnika oporu ośrodka przy przepływie pęcherzy gazowych w cieczach newtonowskich i nienewtonowskich”, Inżynieria Chemiczna i Procesowa, 25, 849 (2004).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Paweł Budzyński „Generalized Correlation for Single Bubble Motion in non-Newtonian Liquids”, Inżynieria Chemiczna i Procesowa 25, 495 (2004).

Obok omówionego nurtu badań dotyczącego hydrodynamiki przepływu pęcherzy gazowych w cieczach nienewtonowskich, moje zainteresowania naukowe obejmowały również badania nad właściwościami reologicznymi cieczy. Szczególnie zainteresowały mnie właściwości lepkosprężyste biomateriałów oraz możliwości ich modyfikowania na potrzeby przemysłu spożywczego, farmaceutycznego czy też kosmetycznego.

W początkowym okresie badań nad biopolimerami, dużo uwagi poświęcałam właściwościom reologicznym kwasu hialuronowego, który jako biopolimer wszechstronny, powszechnie stosowany jest w medycynie. Kwas hialuronowy sprawdza się bowiem zarówno we wspomaganiu gojenia ran, wypełnianiu bruzd, jak i w zapewnianiu ochrony gałce ocznej podczas zabiegów chirurgicznych. Jednak najpowszechniej stosowany jest w leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawów maziówkowych, zwłaszcza zaś stawu kolanowego. Moim punktem wyjścia do oceny właściwości lepkosprężystych wiskosuplementów kwasu hialuronowego w postaci dostępnych komercyjnie preparatów do wstrzykiwań w chorobie zwyrodnieniowej stawów kolanowych stanowiły pomiary reometryczne, w postaci krzywych płynięcia i krzywych lepkości, Prieto i współpr. (2005). Wykonane przez Prieto i współpr. badania stwierdzały jedynie, że dostępne na rynku wiskosuplementy kwasu hialuronowego są płynami nienewtonowskimi rozrzedzanymi ścinaniem.

- J.G. Prieto, M.M. Pulido, J. Zapico, A.J. Molina, M. Gimeno, P. Coronel, A.I. Alvarez „Comparative study of hyaluronic derivatives: rheological behaviour, mechanical and chemical degradation”, International Journal of Biological Macromolecules 33, 63 (2005).

Dokonany przeze mnie przegląd literatury przedmiotu nie wskazywał natomiast na ocenę właściwości lepkosprężystych kwasu hialuronowego jako roztworu do wstrzykiwań w chorobie zwyrodnieniowej stawów kolanowych. Tymczasem najczęściej stosowanymi wielkościami, które charakteryzują efekty pamięci roztworów polimerów i stopionych polimerów przy przepływie ścinającym, a z takim mamy do czynienia podczas chodzenia i biegania w stawie kolanowym, są: charakterystyczny czas relaksacji, I-sza różnica naprężeń normalnych, współczynnik I-szej różnicy naprężeń normalnych, moduł sprężystości przy ścinaniu, czy też odkształcenie odwracalne przy ścinaniu. Jeżeli znamy jedną z wielkości charakteryzujących efekty pamięci płynu oraz krzywą płynięcia lub krzywą lepkości tego płynu pozostałe wielkości opisujące właściwości lepkosprężyste płynu możemy obliczyć. Jednocześnie przebieg krzywej płynięcia oraz przebieg zależności funkcji pamięci płynu od szybkości ścinania są wynikiem wspólnego mechanizmu niszczenia i odbudowy sieci splątanych makrocząsteczek polimeru, w tym przypadku kwasu hialuronowego. Do tego celu zastosowałam model Abdel-Khalika, Hassagera i Birda z 1974r. Model ten pozwolił mi na obliczenie czasu relaksacji w całym analizowanym zakresie szybkości ścinania, a także związał funkcję lepkości z funkcją naprężeń normalnych za pomocą reologicznego równania

stanu Goddarda-Millera. Dzięki takim rozwiązaniom poznałam pozostałe wielkości charakteryzujące efekty pamięci wiskosuplementów kwasu hialuronowego.

Przeprowadzona przeze mnie analiza dostępnych na rynku wiskosuplementów kwasu hialuronowego pozwoliła stwierdzić, że wszystkie przebadane preparaty charakteryzowały się wysoką sprężystością, gdyż odkształcenie odwracalne przy ścinaniu przekraczało wartość 0.5, którą traktuje się jako dolną granicę dla roztworów wysoce sprężystych. Jednak największym potencjałem leczniczym w odniesieniu do choroby zwyrodnieniowej stawów maziówkowych charakteryzowały się tylko dwa (spośród 9 przebadanych) preparaty, tj. Orthovisc i Synvisc, bowiem sprężystość tych preparatów była najwyższa spośród wszystkich analizowanych próbek, szczególnie dla wysokich wartości szybkości ścinania – charakterystycznych dla biegu, oraz najwyższą spośród rozważanych preparatów lepkością przy niskich wartościach szybkości ścinania – charakterystycznych dla chodu.

Przeprowadzone przeze mnie rozważania nad właściwościami lepkosprężystymi wiskosuplementów kwasu hialuronowego stosowanych w chorobie zwyrodnieniowej stawów kolanowych zaprezentowałam w następującej publikacji naukowej:

- **Magdalena Orczykowska**, Paweł Budzyński, Marek Dziubiński “Estimation of the rheological properties of viscosupplements based on hyaluronic acid”, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* 28, 579 (2007).

Studując literaturę przedmiotu dotyczącą właściwości lepkosprężystych biomateriałów uświadomiłam sobie, że w literaturze przedmiotu istnieją jedynie prace p. prof. Anny Pruskiej-Kędzior dotyczące zastosowania metod fenomenologicznych do badania właściwości lepkosprężystych materiałów pochodzenia naturalnego, w postaci natywnego glutenu pszennego oraz uwodnionych białek wypełniających ziarna żyta. Tymczasem metody fenomenologiczne, poprzez poznanie takich parametrów reologicznych jak chociażby sprężystość sieci, moc sieci czy gęstość usieciowania pozwalają na kontrolę i odpowiednie kształtowanie struktury i tekstury biomateriału na potrzeby wytwarzanego produktu, co jest szczególnie istotne z punktu widzenia inżynierii materiałowej.

Dokonując krytycznego przeglądu literatury przedmiotu w tym zakresie, zaobserwowałam, że istnieje szereg publikacji naukowych opisujących wprawdzie właściwości lepkosprężyste biomateriałów, jednak do ich opisu zastosowano jedynie prostą regułę potęgową. Wnikliwe przeanalizowanie przeze mnie monografii habilitacyjnej p. prof. Anny Pruskiej-Kędzior pt. *Zastosowanie metod reologii fenomenologicznej do kwantyfikacji właściwości lepkosprężystych glutenu pszennego*” upewniło mnie, że reguła potęgowa zastosowana do tego celu jest niewystarczająca i absolutnie nie daje odpowiedzi na szereg nurtujących badacza pytań, odniesionych do tych wielkości, które kształtują jego strukturę, a więc wspomnianych już sprężystości, mocy czy gęstości sieci. Nie znając tych wielkości, praktycznie nie wiemy, w jaki sposób możemy wpłynąć na polepszenie stanu struktury takiego biomateriału, jak możemy ją modyfikować.

Mając na uwadze zalety ułamkowych modeli reologicznych zastosowałam je do oceny właściwości lepkosprężystych biomateriałów stosowanych w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym. Przeanalizowałam pod kątem cech lepkosprężystych następujące biomateriały: kleiki sporządzone ze skrobi kasztanowej i żółdziowej oraz ze skrobi amarantusowej, a także kleiki sporządzone ze skrobi kukurydzianej i ryżowej z dodatkiem węglowodanów na potrzeby przemysłu spożywczego dla osób wymagających diety bezglutenowej. Sprawdziłam w jaki sposób dodanie do kleików skrobi ryżowej i kleików skrobi ze słodkich ziemniaków gumy ksantanowej może modyfikować ich cechy lepkosprężyste. Dokonałam również analizy struktury wyciągu z nasion lnu zwyczajnego w postaci gumy lnianej poddawanej różnym formom suszenia na potrzeby przemysłu

farmaceutycznego i kosmetycznego jako podkładu – matrycy będącej nośnikiem leków w chorobach skóry.

Z uwagi na zainteresowanie przemysłu spożywczego hydrokolidami polisacharydowymi jako powszechnie stosowanymi substancjami dodawanymi do żywności, których celem jest modyfikacja struktury i tekstury produktu końcowego, swoje zainteresowania naukowe skierowałam w stronę oceny właściwości lepkosprężystych skrobi o różnym pochodzeniu botanicznym, modyfikowanych tzw. gumami spożywczymi, jak np. guma ksantanowa. Szczególną uwagę zwróciłam na badania Kim i Yoo (2006) oraz Choi i Yoo (2009), a dotyczące wzajemnych interakcji między skrobią ryżową oraz skrobią otrzymaną ze słodkich ziemniaków a gumą ksantanową. Wykonane przez Kim i Yoo oraz Choi i Yoo badania sprowadzały się jedynie do wniosku końcowego w postaci stwierdzenia, że obydwie skrobie w temp. 25⁰C w obecności gumy ksantanowej zachowują się jak miękkie żele.

- C. Kim, B. Yoo „Rheological properties of rice starch–xanthan gum mixtures”, *Journal of Food Engineering* 75, 120 (2006).
- H. M. Choi, B. Yoo “Steady and dynamic shear rheology of sweet potato starch–xanthan gum mixtures”, *Food Chemistry* 116, 638 (2009).

Jednak zastosowanie do oceny właściwości lepkosprężystych tych żeli metod fenomenologicznych, w postaci ułamkowego modelu reologicznego Friedricha i Brauna, pozwala uzyskać zdecydowanie szerszy wgląd w ich strukturę oraz możliwości jej modyfikacji za pomocą gumy ksantanowej. Zastosowanie modelu Friedricha i Brauna pozwoliło mi stwierdzić, że wszystkie analizowane układy skrobi z gumą ksantanową tworzą żele makrocząsteczkowe o zachowaniach typowych dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych. Świadczyły o tym dość wysokie wartości modułu lepkosprężystego plateau reprezentującego moc sieci. Analizując zmiany wartości parametrów modelu Friedricha i Brauna wykazałam, że wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze rośnie moc usieciowania struktury, przy czym jest ona większa dla układów gumy ksantanowej ze skrobią ryżową niż ze skrobią otrzymaną ze słodkich ziemniaków. Analogiczną zależność zaobserwowałam analizując wartości modułu równowagowego reprezentującego sprężystość sieci. Zastosowanie przeze mnie modelu Friedricha i Brauna wykazało, że całkowita sprężystość sieci rośnie w obydwu badanych skrobiach wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze, ale sprężystość sieci jest zdecydowanie wyższa w przypadku skrobi ryżowej niż skrobi ze słodkich ziemniaków. Znajomość pozostałych parametrów zastosowanego przeze mnie modelu Friedricha i Brauna, takich jak modułu dyspersji oraz najdłuższego czasu retardacji, a także lepkości newtonowskiej η_0 w warunkach ustalonego przepływu, pokazały w jaki sposób wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze zmienia się struktura badanego układu i kiedy struktura utworzona przez dodanie gumy ksantanowej zaczyna dominować.

Modyfikacji produktów spożywczych zawierających skrobię można dokonywać również poprzez proste dodanie do niej węglowodanów w postaci glukozy, ksylozy czy też sacharozy. Moją szczególną uwagę zwróciły prezentowane w tym zakresie prace nad stabilizacją kleików skrobi kukurydzianej węglowodanami przez Chang i współpr. (2004) oraz skrobi ryżowej przez Yoo i Yoo (2005). Wykonane przez nich badania nad właściwościami lepkosprężystymi tych kleików stabilizowane różnymi węglowodanami prowadziły jedynie w konsekwencji do wniosku, że właściwości te słabną w obecności cukrów.

- Y. H. Chang, S. T. Lim, B. Yoo “Dynamic rheology of corn starch-sugar composites”, *Journal of Food Engineering* 64, 521 (2004).
- D. Yoo, B. Yoo “Rheology of Rice Starch-Sucrose Composites”, *Starch/Stärke* 57, 254 (2005).

Zastosowanie metod reologii fenomenologicznej, w postaci ułamkowego modelu reologicznego Zenera, pozwala na bardziej wnikliwą analizę problemu. Analiza danych uzyskanych za pomocą ułamkowego modelu reologicznego Zenera pozwoliła mi stwierdzić, że kleiki otrzymane zarówno ze skrobi kukurydzianej jak i ze skrobi ryżowej bez i w obecności węglowodanów to media o strukturze przedstawiającej zachowanie się typowe dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych. Jednak najsilniejsze matryce biopolimerowe uzyskane ze skrobi kukurydzianej otrzymujemy w obecności sacharozy. Kleiki kukurydziane z jej udziałem mają najsilniejsze cechy sprężyste, przy stosunkowo miękkich żelach makrocząsteczkowych o wrastającej wraz ze stężeniem sacharozy w mieszaninie możliwości tłumienia drgań sieci. Sacharoza jako disacharyd przyczynia się również do powstania pewnego szkieletu, na którym może się umacniać struktura kleiku skrobi kukurydzianej, co prowadzi w konsekwencji do powstania stabilnej matrycy biopolimerowej.

Równie dobry pod względem cech sprężystych kleik kukurydziany uzyskujemy w obecności 10% stężenia glukozy. Jednak wzrost jej stężenia w mieszaninie z kleikiem pogarsza już jego właściwości sprężyste, zwłaszcza pod względem odporności na tłumienia drgań sieci, czy też sprężystości sieci. Dla kleików kukurydzianych z glukozą wartości tych parametrów – współczynnika tłumienia drgań sieci i sprężystości struktury – są wyższe co do wartości niż w kleikach kukurydzianych z sacharozą, ale to w kleikach z glukozą maleją one dość gwałtownie ze wzrostem stężenia cukru w kleiku, czego nie obserwujemy w kleikach z sacharozą. Wskazuje to na zdecydowanie większą stabilność kleików kukurydzianych z sacharozą niż z glukozą. Niewykluczone jednak, że to kleiki kukurydziane z glukozą starzeją się wolniej w czasie – ze względu na bardzo wysokie wartości mocy usieciowania, a więc wolniej następuje w nich proces retrogradacji skrobi, jednak zdecydowanie kosztem ich cech sprężystych.

Ksyloza jako monocukier z grupy hemiceluloz wydaje się być najmniej odpowiednim dodatkiem w kształtowaniu cech sprężystych matrycy kleiku skrobi kukurydzianej. Przyczynia się ona bowiem w sposób zdecydowany do osłabienia cech sprężystych kleików kukurydzianych. W kleiku kukurydzianym w obecności ksylozy to właściwie właściwości ksylozy zaczynają dominować w tworzeniu struktury takiej mieszaniny. Obecność sacharozy w kleiku skrobi ryżowej przyczynia się do powstania miękkich żeli makrocząsteczkowych o stosunkowo niskiej sztywności żelu malejącej wraz ze wzrostem stężenia sacharozy w kleiku ryżowym, ale jednocześnie przyczynia się do powstania żelu odpornego na zakłócenia z zewnątrz, co objawia się poprzez wysokie wartości współczynnika drgań sieci. Jednocześnie żele uzyskane ze skrobi ryżowej są o wiele bardziej miękkie niż żele uzyskane ze skrobi kukurydzianej, przy stężeniu sacharozy w mieszaninie z kleikiem równym 30% sztywność żelu otrzymanego ze skrobi ryżowej jest 5-krotnie mniejsza niż sztywność żelu otrzymanego ze skrobi kukurydzianej sacharozą.

Dokonując tak wnikliwej analizy stanu mechanicznego kleików kukurydzianych i ryżowych stabilizowanych węglowodanami wykazałam zdecydowanie większą przydatność metod fenomenologicznych od oceny właściwości lepkosprężystych tych kleików i możliwości ich kształtowania niż przy zastosowaniu zwykłej reguły potęgowej.

Kolejnym przeanalizowanym przeze mnie medium pod względem właściwości lepkosprężystych była skrobia kasztanowa. W swoich rozważaniach nad właściwościami tymi skrobi kasztanowej oparłam się na wynikach badań Moreiry i współpr. (2012). Wykonane przez Moreira i współpr. badania wykazywały jedynie, że wartości modułu zachowawczego G' odzwierciedlającego cechy sprężyste są wyższe niż wartości modułu stratności G'' odzwierciedlającego cechy lepkie i wzrastają dla wszystkich analizowanych stężeń skrobi we wszystkich analizowanych temperaturach.

- R. Moreira, F. Chenlo, M.D. Torres, J. Glazer "Rheological properties of gelatinized chestnut starch dispersions: Effect of concentration and temperature", *Journal of Food Engineering* 112, 94 (2012).

Ocena właściwości lepkosprężystych przedstawiona w pracy Moreiry i współpr. wydała mi się niewystarczająca. W związku z tym postanowiłam zastosować do tego celu standardowy model ciała stałego Zenera. Analiza danych uzyskanych za pomocą ułamkowego modelu reologicznego Zenera pozwoliła stwierdzić mi, że kleiki otrzymane ze skrobi kasztanowej to medium o strukturze przedstawiającej zachowanie się typowe dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych. Natomiast poprzez oszacowanie wartości parametrów ułamkowego modelu reologicznego Zenera wykazałam że:

- kleiki skrobi kasztanowej o różnym stężeniu skrobi tworzącej kleik, badane w zakresie temperatur od 25⁰C do 70⁰C, to media o silnych cechach sprężystych, o mocnej strukturze mającej możliwość spowolnienia procesów fizycznego starzenia się takiego układu w czasie, a jednocześnie o zróżnicowanym typie struktury,
- wpływ temperatury na typ tworzonej struktury nie ma istotnego znaczenia jedynie dla kleików ze skrobi kasztanowej o stężeniach 4% i 7% - jednakowy typ struktury w całym zakresie analizowanych temperatur, co wynika prawdopodobnie z mało zróżnicowanej polidispersyjności każdego z tych kleików w badanym przedziale temperatur.

W mojej ocenie tak przedstawiona analiza stanu mechanicznego struktury czystego kleiku skrobiowego otrzymanego ze skrobi kasztanowej może dopiero wyjaśnić, wpływ zarówno warunków temperaturowych jak i stężenia samej skrobi kasztanowej na jej właściwości reologiczne.

Przemysł spożywczy poszukuje coraz to nowych źródeł stanowiących materiał do kształtowania struktury i tekstury żywności, a jednocześnie sam będący jej częścią. Takimi biomateriałami jest wspomniana już przeze mnie skrobia kasztanowa - Moreira i współpr. (2012), ale nie mniej ciekawym źródłem pozyskiwania skrobi są orzechy żółodzi i tym samym powracając do łask skrobia żółodziowa. Właściwości reologiczne skrobi żółodziowej zostały przedstawione w pracy Kim i Yoo (2009). Wykonane przez Kim i Yoo badania wykazały, że kleiki skrobi żółodziowej w temp. 25⁰C posiadają cechy charakterystyczne dla elastycznych i miękkich żeli.

- W.W. Kim, B. Yoo „Rheological behavior of acorn starch dispersions: Effects of concentration and temperature. *International Journal of Food Science and Technology* 44, 503 (2009).

Zachęcona powodzeniem w analizie cech lepkosprężystych skrobi kasztanowej, postanowiłam przeanalizować właściwości lepkosprężyste skrobi żółodziowej w sposób analogiczny jak miało to miejsce w przypadku skrobi kasztanowej. Do tego celu ponownie zastosowałam standardowy model ciała stałego Zenera, porównując ze sobą jednocześnie obydwie skrobie. Analiza danych uzyskanych za pomocą ułamkowego modelu reologicznego Zenera pozwoliła stwierdzić mi, że kleiki otrzymane zarówno ze skrobi kasztanowej jak i ze skrobi żółodziowej to media o strukturze przedstawiającej zachowanie się typowe dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych. Oszacowując wartości parametrów ułamkowego modelu reologicznego Zenera wykazałam, że o wiele silniejsze cechy sprężyste, rosnące wraz ze wzrostem stężenia, posiada skrobia żółodziowa. Wysokie wartości mocy usieciowania struktury wskazują ponadto na możliwość spowolnienia fizycznego starzenia się tego biomateriału w czasie. Stosując ułamkowy model Zenera pokazałam, że skrobia kasztanowa także posiada właściwości sprężyste, ale znacznie słabsze niż skrobia żółodziowa. Istnieje ponadto prawdopodobieństwo, że może być ona niestabilna wraz z upływem czasu – wartości mocy usieciowania tej skrobi są znacząco niższe niż dla skrobi żółodziowej. Porównując obydwie skrobie udowodniłam, że skrobia kasztanowa przy stosunkowo niższej całkowitej

sprężystości sieci i mocy sieci, w porównaniu do skrobi żółdziowej, charakteryzuje się wysoką wartością współczynnika drgań sieci, co może świadczyć o jej stabilności i odporności na działania mechaniczne. Jednocześnie wykazałam, że skrobia kasztanowa tworzy żele twardsze niż skrobia żółdziowa, która tworzy żele bardziej miękkie i elastyczne.

Zastosowanie metod reologii fenomenologicznej może również udzielić odpowiedzi na pytanie jak zmienia się struktura i właściwości lepkosprężyste biomateriałów pod wpływem promieniowania γ . Wpływem promieniowania γ na właściwości lepkosprężyste „złota Inków”, czyli dwóch odmian skrobi amarantusa – Hy030-(*Amaranthus hypochondriacus* L.) oraz Tibet Yellow-(*Amaranthus paniculatus* L.) zajmował się Kong i współpr. (2009). Wykonane przez Konga i współpr. badania wykazały, że kleiki ze skrobi amarantusa zachowują się jak żele, których właściwości lepkosprężyste maleją wraz ze wzrostem dawki promieniowania γ .

- X. Kong, S. Kasapis, J. Bao, H. Corke, „Effect of gamma irradiation on the thermal and rheological properties of grain amaranth starch”, *Radiat. Phys. Chem.* 78, 954 (2009).

Dzięki zastosowaniu ułamkowego standardowego modelu ciała stałego o podejściu Maxwella-Wiecherta wyznaczyłam jedne z najbardziej podstawowych parametrów w inżynierii materiałowej: średnią masę cząsteczkową przy usieciowaniu M_c , czyli średnią masę molekularną łańcuchów polimerów pomiędzy kolejnymi węzłami sieci oraz średnią masę cząsteczkową przy splątaniu M_e , zdefiniowaną jako średnia masa cząsteczkowa między więzami topologicznymi. Warto w tym miejscu zaznaczyć, iż poznanie wartości masy M_e było możliwe dzięki wyznaczeniu przeze mnie wartości modułu lepkosprężystego plateau odzwierciedlającego moc sieci, natomiast poznanie wartości masy M_c było możliwe dzięki wyznaczeniu wartości modułu równowagowego charakteryzującego sprężystość sieci.

Wartości obu tych parametrów rosły wraz z kolejnymi zaabsorbowanymi dawkami promieniowania γ zarówno dla skrobi Hy30, jak i skrobi Tibet Yellow, a wzrost ten był najbardziej widoczny w przypadku największych zaaplikowanych dawek promieniowania. Skutkowało to zwiększeniem się cech lepkich omawianego biopolimeru, kosztem oczywiście jego cech sprężystych. Skrobia Hy030 charakteryzowała się przy tym średnią masą cząsteczkową przy usieciowaniu M_c wyższą o dwa rzędy wielkości oraz średnią masą cząsteczkową przy splątaniu M_e wyższą o rząd wielkości.

Promieniowanie γ indukowało różne zmiany wewnątrz strukturalne skrobi amarantusowej, w zależności od ilości zaabsorbowanej przez medium energii. Analizując wartości wyznaczonych parametrów reologicznych zastosowanego przeze mnie modelu Maxwella-Wiecherta można zauważyłam, że zaistniała pewna krytyczna dawka promieniowania γ o wartości 6kGy, która w zasadniczy sposób wpływała na właściwości lepkosprężyste skrobi Hy30. Było to związane z osiągnięciem przez medium punktu żelowania. Dla najwyższych zbadanych częstotliwości oscylacji moduł stratności G'' zaczął dominować nad modułem zachowawczym G' , co oznaczało wzrost właściwości lepkich biopolimeru. Pozwoliło mi to na przypuszczenie, iż skrobia Hy030 przy zaabsorbowanej ilości energii rzędu kilkunastu kGy, stała się medium o charakterze cieczy lepkiej. Przeprowadzona przeze mnie analiza stanu mechanicznego struktury kleików amarantusowych poddanych promieniowaniu γ pozwoliła również stwierdzić, iż skrobia amarantusowa Hy030 o mniejszej zawartości amylozy – w porównaniu do skrobi Tibet Yellow – była zdecydowanie bardziej wrażliwa na promieniowanie γ , jeśli chodzi o zmianę właściwości lepkosprężystych.

Jednocześnie analiza ta dzięki metodom fenomenologicznym wskazuje, że dobór odpowiedniej dawki promieniowania γ wydaje się być kluczowym czynnikiem przy konserwacji produktu oraz projektowaniu jego struktury, które w bezpośredni sposób wpływają na jego cechy funkcjonalne i użytkowe.

Zajmując się reologią produktów spożywczych nie można w żaden sposób pominąć takiego medium jakim jest ciasto, a zwłaszcza ciasto chlebowe dla osób wymagających diety bezglutenowej. Badaniem właściwości lepkosprężystych bezglutenowego ciasta chlebowego otrzymanego z mieszanki złożonej ze skrobi kukurydzianej, mąki amarantusowej, izolatu białka grochu zwyczajnego i błonnika w postaci włókien babki płesznika zajmowała się Mariotti i współpr. (2009). Wyniki tych badań pokazały, że wszystkie mieszanki bezglutenowego ciasta chlebowego wykazują zachowania typowe dla polimerów.

- M. Mariotti, M. Lucisano, M.A. Pagani, P. Ng „The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs”, *Food Research International* 42, 963 (2009).

Przeprowadzone przeze mnie wcześniejsze analizy wykazały ponad wszelką wątpliwość, że zastosowanie ułamkowego modelu reologicznego umożliwia dokładniejszą i o wiele bardziej wnikliwą analizę właściwości lepkosprężystych badanego medium. Postanowiłam więc wyjaśnić wpływ udziału składników takiej mieszanki na właściwości lepkosprężyste ciasta bezglutenowego stosując jeden z ułamkowych modeli reologicznych, a konkretnie standardowy model ciała stałego, ale o podejściu Maxwella-Wiecherta. Zastosowanie tego modelu do oceny stanu mechanicznego struktury, którą utworzyły mieszanki bezglutenowego ciasta chlebowego wykazało, że medium takie przedstawia zachowanie typowe dla lepkosprężystych ciał quasi-stałych. Natomiast zmienne udziały poszczególnych składników takich mieszanek pozwoliły mi stwierdzić, że:

- mąka amarantusowa w mieszance, w której jest skrobia kukurydziana i izolat białka, niezależnie od tego czy dodano do niej błonnik w postaci włókien babki płesznika czy też nie, prowadzi do powstania ciasta bezglutenowego o strukturze twardego żelu,
- obecność błonnika w mieszance, w której jest skrobia kukurydziana i mąka amarantusowa oraz izolat białka, również prowadzi do powstania ciasta bezglutenowego o strukturze twardego żelu,
- obecność błonnika w mieszance, w której jest skrobia kukurydziana oraz izolat białka, ale brakuje w niej mąki amarantusowej, prowadzi do powstania ciasta bezglutenowego o strukturze miękkiego żelu,
- obecność mąki amarantusowej w mieszance, w której jest skrobia kukurydziana i błonnik oraz izolat białka, zawsze prowadzi do powstania ciasta bezglutenowego o strukturze twardego żelu, jednak w tych mieszankach w których jest mniejsza ilość izolatu białka struktura żelu jest bardziej miękka i elastyczna,
- mieszanki komercyjne w sposób istotny różnią się od siebie właściwościami, pierwsza z nich pozwala na otrzymanie ciasta bezglutenowego o niskiej sprężystości i cechach struktury twardego żelu, natomiast druga mieszanka ciasta bardzo sprężystego o cechach struktury miękkiego żelu.

Przeprowadzając taką analizę po raz kolejny udowodniłam, że prostsze potęgowe modele reologiczne, stosowane we wcześniejszych pracach, nie umożliwiają uzyskania tak kompleksowych informacji o strukturze ciasta bezglutenowego, a tym samym ograniczają możliwości jego modyfikacji w zależności od potrzeb osób chorych na celiakię.

W swoich rozważaniach nad właściwościami lepkosprężystymi biomateriałów zajmowałam się również analizą struktury wyciągu z nasion *Inu* zwyczajnego w postaci gumy *Inianej* poddawanej różnym formom suszenia na potrzeby przemysłu farmaceutycznego i kosmetycznego jako podkładu – matrycy będącej nośnikiem leków w chorobach skóry. Punktem wyjścia do tych rozważań była praca Wanga i współpr. (2009). Wang i współpr. w przeprowadzonych badaniach stwierdzili jedynie, że wszystkie przeanalizowane przez nich metody suszenia prowadzą do redukcji wartości modułów zachowawczego i stratności w stosunku do próby kontrolnej, niemniej jednak przy wszystkich metodach suszenia

dominują cechy sprężyste nad cechami lepкими. Stwierdzili również, że największy wpływ na właściwości reologiczne suszonej gumy lnianej ma przemycanie 95% etanolem, objawiające się najniższą z uzyskanych w teście pełzania i powrotu wartością lepkości newtonowskiej w warunkach ustalonego przepływu.

- Y. Wang, L.J. Wang, D. Li, J. Xue, Z.H. Mao, „Effects of drying methods on rheological properties of flaxseed gum”, Carbohydrate Polymers 78, 213 (2009).

W związku z tym podjęłam próbę kompleksowego powiązania struktury gumy lnianej z warunkami prowadzenia procesu suszenia stosując standardowy model ciała stałego Zenera. Wartości parametrów ułamkowego modelu reologicznego Zenera pozwoliły mi wykazać, że silne cechy sprężyste posiada guma lniana suszona w piecu gorącym powietrzem o temp. 80°C i suszona rozpyłowo, guma ta wykazuje podobny typ utworzonej struktury. Wysoką moc struktury o równie silnych cechach sprężystych, objawiającą się chociażby wysoką wartością współczynnika tłumienia drgań sieci zaobserwowałam również przy metodzie przemycania gumy lnianej 95% etanolem, jednak typ wytworzonej struktury jest inny niż przy suszeniu dwoma poprzednimi metodami. Wydaje się, że struktura wytworzona przy przemyciu gumy 95% etanolem daje łańcuchy dłuższe i mniej splątane niż metoda suszenia w piecu gorącym powietrzem o temp. 80°C i suszenia metodą rozpyłową. Dla potwierdzenia tego wniosku, przeprowadziłam dodatkowo analizę wymiarów liniowych struktury gumy lnianej wysuszonej różnymi metodami, korzystając z lepkości newtonowskiej w warunkach ustalonego przepływu η_0 z pracy Wanga i współpr. Analiza ta opierała się na poznaniu takich parametrów jak rozmiar oczek utworzonej sieci, długość niesplątana czy też długość przy splątaniu. W rezultacie stwierdziłam, że rozmiar oczek sieci ξ w strukturze gumy lnianej dla suszenia jej w piecu gorącym powietrzem o temp. 80°C i przy przemyciu etanolem jest porównywalny i wynosi odpowiednio 41.45nm oraz 38.34nm. Ewidentne różnice w strukturze zauważyłam również przy takich wymiarach liniowych jak długość niesplątana l_p i długość przy splątaniu l_e . Stosunek tych dwóch długości dla metody suszenia w piecu gorącym powietrzem o temp. 80°C i przy przemyciu etanolem wynosi odpowiednio 20000 i 1000, co świadczy o zupełnie innym typie wytworzonej podczas suszenia struktury.

W mojej ocenie tak wnikliwa analiza stanu mechanicznego struktury badanego biopolimeru jest szczególnie istotna z punktu widzenia potrzeb zarówno przemysłu kosmetycznego jak i farmaceutycznego, pozwala bowiem na oszacowanie parametrów sieci biomateriału, co z kolei pozwala, nie tyle na aplikowanie w strukturze tego biomateriału leków, ale kontrolę procesu ich uwalniania.

Ze względu na swoje szczególne właściwości guma lniana znalazła zastosowanie nie tylko w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym, ale również i w przemyśle spożywczym. Śluz lniane są bowiem źródłem włókna pokarmowego rozpuszczalnego w wodzie i mogą być wykorzystane jako zamienniki dotychczas stosowanych powszechnie środków żelujących. Istnieje zatem potrzeba poznania wzajemnych interakcji pomiędzy takim środkiem żelującym jakim jest guma lniana a powszechnie stosowaną w przemyśle spożywczym skrobią. W literaturze przedmiotu opublikowano dotychczas tylko jedną publikację próbującą wyjaśnić wzajemne interakcje zachodzące pomiędzy nieskrobiowym hydrokoloidem polisacharydowym jakim jest guma lniana a skrobią kukurydzianą – jest to praca Wanga i współpr. (2008). Wang i współpr. przeprowadzili analizę właściwości reologicznych mieszaniny gumy lnianej i skrobi kukurydzianej, stwierdzając, że tworzą one żel, którego moc wzrasta wraz ze stężeniem gumy lnianej w mieszaninie, a ponadto dodatek gumy lnianej zwiększył właściwości lepkosprężyste kleików skrobi kukurydzianej. W mojej opinii do oceny właściwości lepkosprężystych i utworzonej struktury analiza taka jest jednak niewystarczająca.

- Y. Wang, L.J. Wang, D. Li, N. Özkan, X.D. Chen, Z.H. Mao, „Effect of flaxseed gum addition on rheological properties of native maize starch”, *Journal of Food Engineering*, 89, 87 (2008).

Postanowiłam wyjaśnić wzajemne interakcje pomiędzy gumą lnianą a skrobią kukurydzianą poprzez zastosowanie reologicznego, ułamkowego modelu standardowego ciała stałego Zenera. Wyznaczone przeze mnie wartości parametrów ułamkowego modelu Zenera wskazały, że:

- wzrastające stężenie gumy lnianej w mieszaninie ze skrobią kukurydzianą w temperaturze 25⁰C prowadzi w konsekwencji do uzyskania medium o silnych cechach sprężystych, o mocnej strukturze mającej możliwość spowolnienia procesów fizycznego starzenia się takiego układu w czasie, a jednocześnie o zróżnicowanym typie struktury,
- wzrastające stężenie gumy lnianej w kleiku skrobi kukurydzianej w temperaturze 50⁰C prowadzi w konsekwencji do ujednolicenia typu struktury, uzyskania żelu o większej sztywności, ale mniejszej gęstości usieciowania,
- wzrastające stężenie gumy lnianej w mieszaninie ze skrobią kukurydzianą w temperaturze 75⁰C prowadzi do wzrostu sztywności żelu i możliwości tłumienia drgań sieci oraz mniejszej całkowitej sprężystości sieci, tworzy się nowy typ struktury, za który jest odpowiedzialna bardziej guma lniana niż skrobia kukurydziana.

Tym samym po raz kolejny potwierdziłam, że ułamkowe modele reologiczne dają dużo więcej informacji o strukturze biomateriałów niż stosowane wcześniej klasyczne modele mechaniczne typu model Maxwella czy Kelvina-Voigta. Jednocześnie wykonana przeze mnie analiza stanu mechanicznego struktury czystego kleiku skrobiowego oraz mieszaniny tego kleiku i gumy lnianej, za pomocą modelu Zenera, może dopiero wyjaśnić, wpływ zarówno warunków temperaturowych jak i stężenia gumy lnianej na właściwości reologiczne biomateriałów złożonych z tych dwóch komponentów.

Kuzu to roślina jadalna pochodząca z rejonów południowowschodniej Azji, która budzi duże zainteresowanie placówek badawczych na całym świecie, gdyż jest skuteczna w walce z uzależnieniami, pomaga w odchudzaniu i detoksykacji organizmu, stanowi bogate źródło minerałów, nie zawiera glutenu ani laktozy oraz działa przeciwnowotworowo. Skrobia znajdująca się w korzeniu kuzu stanowi alternatywę dla środków zagęszczających i wiążących, takich jak żelatyna czy skrobia ziemniaczana. Literatura przedmiotu dotycząca kleików skrobi kuzu i ich właściwości lepkość sprężystych jest bardzo uboga. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie skrobią kuzu celem przeprowadzonych przez mnie badań był opis zmian właściwości reologicznych kleików skrobi japońskiego kuzu białego w zależności od warunków prowadzenia procesu kleikowania – temperatury (80, 85, 90 i 95⁰C) i czasu kleikowania (15, 30, 45, 60 i 75min.).

Do opisu danych doświadczalnych pochodzących z testów oscylacyjnych i testów pełzania dokonałam ułamkowych uogólnień modeli reologicznych Maxwella i Kelvina-Voigta. Ustaliłam, że modele reologiczne typu Maxwella sprawdzają się tylko w przypadku modelowania lepkość sprężystych cieczy. Natomiast optymalnym modelem do opisu zachowań dynamicznych kleików skrobi kuzu jest własny model reologiczny, będący modyfikacją ułamkowego modelu Kelvina-Voigta. Zaproponowany, zmodyfikowany ułamkowy siedmioparametrowy model Kelvina-Voigta z dwoma elementami typu springpot wykazywał bardzo dobre dopasowanie do szerokiego zakresu danych doświadczalnych ze średnim błędem nie przekraczającym 5%. Jednocześnie wprowadzenie dodatkowego członu zwanego wytrzymałością sieci D do równania modelowego dotyczącego modułu stratności G'' pozwoliło na znaczny wzrost jakości opisu danych doświadczalnych. Umożliwiło to tym samym dokładne przeanalizowanie zmian jakie zachodzą wewnątrz biopolimeru, w zależności od prowadzenia procesu kleikowania. Na podstawie wyznaczonych parametrów

reologicznych zmodyfikowanego, własnego modelu Kelvina-Voigta stwierdziłam, że kleiki skrobi wykazywały bardzo silne właściwości sprężyste, ale wydłużenie procesu kleikowania powodowało ich znaczny spadek. Biorąc pod uwagę najbardziej perspektywiczne gałęzie przemysłu dla skrobi kuzu – spożywczą, farmaceutyczną i kosmetyczną – można przyjąć, że największe znaczenie dla inżynierii materiałowej będą miały takie parametry reologiczne jak: moduł równowagowy G_e , moduł lepkość sprężystego plateau G_N^0 oraz lepkość newtonowska w warunkach ustalonego przepływu η_0 . Wysokie wartości dwóch pierwszych parametrów wskazują na dużą sprężystość sieci biopolimerów otrzymanych ze skrobi kuzu oraz ich odporność na starzenie się w czasie. W związku z tym produkty spożywcze ze skrobi kuzu powinny cechować się długim okresem przydatności do spożycia. Proces kleikowania powinien być zatem prowadzony jak najkrócej i w jak najniższej temperaturze (15min, 80°C). Sytuacja ulega odwróceniu w przypadku farmaceutyków z substancją aktywną zamkniętą w kapsułkach skrobiowych. Skuteczność tego typu leków byłaby tym większa, im szybciej doszłoby do rozkładu powłoki ochronnej. W tym przypadku zarówno czas, jak i temperatura kleikowania powinny być jak najdłuższe (75min, 95°C). Coraz popularniejsze na świecie stają się naturalne kosmetyki na bazie kleików skrobiowych. W tym wypadku istotnego znaczenia nabiera trzeci wspomniany parametr reologiczny, czyli lepkość newtonowska w warunkach ustalonego przepływu. Wysokie wartości tego parametru oznaczają niskie opory przy nakładaniu substancji – uczucie gładkości. W takim przypadku proces kleikowania skrobi kuzu powinien być prowadzony w temperaturze 80°C przez 30 minut. Biorąc pod uwagę ogromne potencjalne możliwości zastosowania skrobi kuzu, zmodyfikowany własny model Kelvina-Voigta wydaje się być odpowiednim narzędziem do modelowania właściwości reologicznych kleików skrobi kuzu dla specjalistów z dziedziny inżynierii materiałowej.

Przeprowadzona przeze mnie analiza właściwości lepkość sprężystych wymienionych biomateriałów wykazała skuteczność zastosowania ułamkowych modeli reologicznych do oceny struktury tych biomateriałów, gdyż umożliwiła określenie takich parametrów jak całkowita sprężystość sieci, moc sieci, gęstość usieciowania, czy też współczynnik tłumienia drgań mechanicznych przez wytworzoną sieć, wykazując jednocześnie konkretną przydatność tych biomateriałów na potrzeby wspomnianych gałęzi przemysłu. Muszę również wspomnieć o tym, że analizując strukturę wymienionych wyżej materiałów naturalnych (poza kleikami ze skrobi kuzu) korzystałam z badań dynamicznych innych badaczy, a opublikowanych już w literaturze przedmiotu. Poprzez powtórny analizę tych samych wyników badań, do opisu których zastosowali oni regułę potęgową, ja zastosowałam metody fenomenologiczne, które pozwoliły mi wnikliwiej przeanalizować właściwości lepkość sprężyste tych biomateriałów m.in. umożliwiły mi wyjaśnienie dlaczego i w jaki sposób dochodzi do zmiany cech lepkość sprężystych tych mediów.

Tym samym udowodniłam, że metody fenomenologiczne, a konkretnie ułamkowe modele reologiczne okazały się wręcz niezastąpione do tego celu.

W konsekwencji, moja analiza wyników badań dynamicznych nad właściwościami lepkość sprężystymi biomateriałów zaowocowała powstaniem kilku publikacji naukowych, wśród których do najważniejszych zaliczam te z listy Journal Citation Reports (JCR), są to:

- **Magdalena Orczykowska, Marek Dziubiński** “The fractional derivative rheological model and the linear viscoelastic behavior of hydrocolloids”, Chemical and Process Engineering 33(1), 141-151 (2012).
- **Magdalena Orczykowska, Marek Dziubiński** “Viscoelastic properties of Soft Materials on a Basis of Starch Mixtures”, Journal of Food Science 79(5), 849-858 (2014).

- **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński "Characterization of chestnut starch paste structure using the rheological fractional model", *Starch/Stärke* 66, 1-7 (2014).
- **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński "Comparison of viscoelastic properties of chestnut and acorn starch by means of mechanical models with an in-built springpot", *Applied Rheology* 24(2), 24766(7) (2014).
- **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński "Influence of Drying Conditions on the Structure of Flaxseed gum", *Drying Technology: An International Journal* 32(16), 1942-1948 (2014).
- Marek Dziubiński, **Magdalena Orczykowska**, Bertrand Józwiak "Impact assessment of gamma radiation on viscoelastic properties of amaranth starch by means of fractional Maxwell-Wiechert model", *Soft Mater* 12(4), 420-426 (2014).
- **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński, Piotr Owczarz "Structural analysis of gluten-free doughs by fractional rheological model", *Korea-Australia Rheology Journal* 27(1), 33-34, (2015).
- **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński, Milena Orczykowska "Assessment of the structure of maize starch and flaxseed gum interaction by the Zener fractional rheological model", *International Journal of Engineering and Science Invention* 4(7), 42-52 (2015).
- Bertrand Józwiak, **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński "Rheological behavior of kuzu starch pastes", *Starch/Stärke* 67, 1-12 (2015).
- Bertrand Józwiak, **Magdalena Orczykowska**, Marek Dziubiński „Fractional Generalizations of Maxwell and Kelvin-Voigt Models for Biopolymer Characterization", *PLOS ONE* 10(11): e0143090, doi:10.1371/journal.pone.0143090 (2015).

Podsumowując moją działalność naukowo-badawczą pragnę stwierdzić, że poza prezentowaną monografią, mój dorobek naukowy obejmuje **52** publikacje, wśród których:

- **20** publikacji to artykuły w czasopismach naukowych z listy Journal Citation Reports (JCR), czyli posiadających *impact factor (IF)*
 - ✓ **1** z tych publikacji powstała przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych
 - ✓ **19** z tych publikacji powstało po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych
- **32** publikacje to artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych z listy MNiSW
 - ✓ **3** z tych publikacji powstały przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych
 - ✓ **29** z tych publikacji powstało po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Chciałabym podkreślić, że w zdecydowanej większości publikacji mój wkład w ich powstanie był znaczący. Sumaryczny *impact factor IF* moich publikacji z listy JCR wynosi **20,270** (wg wartości w roku opublikowania). Brałam udział w wielu konferencjach krajowych oraz międzynarodowych, gdzie z powodzeniem prezentowałam wyniki moich badań w postaci posterów, referatów oraz referatu plenarnego. W rezultacie zaowocowało to powstaniem **40** udziałów w materiałach konferencji krajowych oraz **9** w materiałach konferencji zagranicznych. Mój indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi **3**, podany wskaźnik został wyliczony z pominięciem autocytowań. Zgodnie z kryteriami MNiSW, mój dorobek naukowy wynosi łącznie **498** punktów. Jestem również współautorką rozdziałów w **2** monografiach. Byłam też wykonawcą w **5** grantach z tematyki dotyczącej hydrodynamiki przepływów wielofazowych. Obecnie jestem jednym z wykonawców w grantie NCN UMO-2014/15/B/ST8/02512 pt. "Badanie kinetyki przemiany fazowej układów chitozanowych wrażliwych na wzrost temperatury".

W okresie swojej pracy naukowo-badawczej wielokrotnie recenzowałam artykuły dla renomowanych czasopism z list filadelfijskiej (np. *Starch/Stärke* oraz *Polimery*) z tematyki dotyczącej właściwości fizykochemicznych i reologicznych skrobi kasztanowej, właściwości molekularnych skrobi wyizolowanej z pałki wodnej, wpływu dodatków substancji

pomocniczych na właściwości reologiczne kleików skrobi kukurydzianej, czy też wpływu promieniowania γ na właściwości fizykochemiczne i reologiczne wysokoamylozowej skrobi kukurydzianej.

Jednocześnie w okresie swojej pracy naukowo badawczej współpracowałam również z przemysłem wykonując m.in. pomiary reologiczne dotyczące właściwości smarów przemysłowych stosowanych w technice motoryzacyjnej, wosków i parafin wykorzystywanych do produkcji świec, a także prowadziłam kurs dotyczący badań reologicznych płynów zagęszczanych ścinaniem dla potrzeb przemysłu ceramicznego.

6. Charakterystyka dorobku dydaktycznego

W ramach prowadzonej działalności dydaktycznej prowadziłam następujące zajęcia:

- wykłady z przedmiotów takich jak:
 - ✓ Alternatywne źródła energii
 - ✓ Ekologia zasobów naturalnych i ochrona środowiska
 - ✓ Zagrożenia naturalne
 - ✓ Energia a środowisko
 - ✓ Środowisko miejskie
 - ✓ Źródła energii
 - ✓ Transport substancji niebezpiecznych
 - ✓ Właściwości produktu
 - ✓ Zawiesiny, koloidy, zole i żele
 - ✓ Bioreologia
- ćwiczenia audytoryjne z przedmiotów takich jak:
 - ✓ Mechanika płynów
 - ✓ Mechanika płynów i hydraulika
 - ✓ Operacje jednostkowe w inżynierii chemicznej
- ćwiczenia projektowe z przedmiotów takich jak:
 - ✓ Mechanika płynów
 - ✓ Ekologia zasobów naturalnych i ochrona środowiska
- ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów takich jak:
 - ✓ Mechanika płynów
 - ✓ Procesy mechaniczne i cieplne
 - ✓ Właściwości produktu
 - ✓ Zawiesiny koloidy, zole i żele
 - ✓ Bioreologia
- ćwiczenia seminaryjne z przedmiotu takiego jak:
 - ✓ Środowisko miejskie

Samodzielnie opracowywałam treści prowadzonych przeze mnie przedmiotów. Byłam również inicjatorką wprowadzenia do programów nauczania na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ takich przedmiotów jak: Zagrożenia Naturalne, Transport Substancji Niebezpiecznych, Zawiesiny, Koloidy, Zole i Żele oraz Bioreologia.

Muszę jednocześnie nadmienić, że byłam także pomysłodawcą i twórcą dwóch nowych laboratoriów dydaktycznych funkcjonujących w ramach programu kształcenia do chwili obecnej na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ. Są to laboratoria dydaktyczne z przedmiotów takich jak: Zawiesiny, Koloidy, Zole i Żele oraz Bioreologia. Byłam promotorem 10 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich, oscylujących tematycznie wokół zagadnień, którymi zajmuję się na co dzień w swojej pracy naukowo-

badawczej. Do chwili obecnej byłam pozytywnie oceniana przez studentów w ramach anonimowych, corocznych ankiet studenckich.

W ramach podniesienia swoich kwalifikacji dydaktycznych, jeszcze przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, ukończyłam Podyplomowe Studium Pedagogiczne przy PŁ (2000r.) oraz kurs „Zagadnienia prawne i praktyka transferu Hi-Tech do małych i średnich przedsiębiorstw” (1998r.).

Aktualnie sprawuję również opiekę naukową, jako promotor pomocniczy, nad doktorantem:

- mgr inż. Bertrandem Józwiakiem, temat: „Ocena właściwości lepkosprężystych kleików skrobi kuzu za pomocą metod reologii fenomenologicznej”, data otwarcia przewodu: 19.09.2014r., promotor: prof. dr hab. inż. Marek Dziubiński

7. Charakterystyka dorobku popularyzatorskiego

Moja działalność popularyzatorska na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ, od chwili mojego zatrudnienia, związana była z Seminarium Studenckim „Problemy Ochrony Środowiska”. Byłam bowiem główną organizatorką tego seminarium w latach 2005 – 2010, organizowałam w związku z tym:

- XV Seminarium Studenckie – 15.04.2005r.
- XVI Seminarium Studenckie – 31.03.2006r.
- XVII Seminarium Studenckie – 23.03.2007r.
- XVIII Seminarium Studenckie – 04.04.2008r.
- XIX Seminarium Studenckie – 27.03.2009r.
- XX Seminarium Studenckie – 19.03.2010r.

dla uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych prezentujących swoje prace z zakresu ochrony środowiska. Do 2009r. najlepsze prace nagradzane były, tzw. „Zielonym Indekssem”, którego laureaci z pominięciem postępowania kwalifikacyjnego w następnym roku akademickim byli przyjmowani na Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej.

W części uczniowskiej każdego Seminarium brało udział około 300 studentów i uczniów z około 40 szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych z Łodzi, Aleksandrowa Łódzkiego, Pabianic, Zgierza, Ozorkowa, Łasku, Kutna, Męckiej Woli i Radomska. W czasie jednodniowego spotkania przedstawiano ponad 200 prac, w tym około 20 referatów, 70 plakatów, 60 prac multimedialnych i 70 prac plastycznych, wśród których były makiety, obrazy, albumy i rzeźby. Prace, które charakteryzowały się wysokim poziomem naukowym, merytorycznym i plastycznym prezentowano w czterech sesjach referatowych, oraz trzech sesjach plakatowych, komputerowych i plastycznych. W części studenckiej Seminarium prezentowano prace doktorskie wykonywane na naszym wydziale, popularyzując w ten sposób nauki techniczne w zakresie ochrony środowiska. W ramach tej sesji przyznawana była ufundowana prywatna nagroda im. dr inż. Ewy Mitury – pomysłodawczyni Seminarium, której fundatorem był prof. dr hab. Stanisław Mitura. Jako główny organizator Seminarium byłam odpowiedzialna za wszystkie sprawy związane z prawidłowym przebiegiem tego Seminarium. Duża liczba zgłoszonych prac oraz odwiedzających nasz Wydział uczniów wraz z opiekującymi się nimi nauczycielami wymagała ode mnie wyjątkowych umiejętności w zakresie organizacji i koordynacji działań.

W tym miejscu chciałabym podkreślić, że wykazałam się odpowiedzialnością, sumiennością i rzetelnością w prowadzonych przeze mnie działaniach organizacyjnych, które m.in. przyczyniły się do dużego zainteresowania Seminarium, a w konsekwencji przełożyły się na bezpośrednią promocję Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ.

Moje działania na tym polu zostały również docenione przez władze Uczelni, bowiem za osiągnięcia w pracy organizacyjnej otrzymałam w 2009r. nagrodę J.M. Rektora PŁ.

Po roku 2010 w dalszym ciągu brałam aktywny udział w pracach Seminarium, do chwili obecnej organizowanym na naszym Wydziale, ale już jako przewodnicząca jednej z komisji ds. przyznawania nagród, była to komisja oceniająca postery. Miało to miejsce na:

- XXIV Seminarium Studenckim – 28.03.2014r.
- XXV Seminarium Studenckim – 20.03.2015r.

W roku akademickim 2013/2014 byłam przewodniczącą i koordynatorem prac Wydziałowej Komisji Stypendialnej, przyznającej stypendia socjalne dla studentów, którzy znaleźli się w szczególnie ciężkiej sytuacji życiowej. Praca ta wymagała ode mnie cierpliwości i zrozumienia problemów z jakimi borykali się studenci w swoim życiu codziennym, a jednocześnie umiejętności prowadzenia dialogu i właściwej oceny sytuacji studenta.

Jako wieloletni członek Polskiego Towarzystwa Reologii Technicznej byłam jednym ze współorganizatorów Polskiego Kongresu Reologicznego. Aktualnie biorę udział w pracach komitetu naukowego XXII Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej – Spała 2016.

A. Dąbrowska