

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Chemii
Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków



Dr Katarzyna Lewandowska
Autoreferat

***Wpływ oddziaływań międzycząsteczkowych na wybrane właściwości
fizykochemiczne mieszanin i kompozytów chitozanu z polimerami
naturalnymi i syntetycznymi***

Obszar nauk ścisłych
Dziedzina nauk chemicznych
Dyscyplina naukowa: *chemia*

Toruń 2016

Spis treści

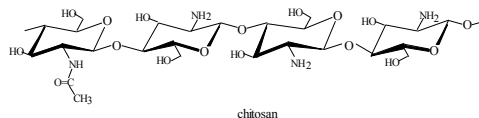
Alfabetyczny spis skrótów	4
1. Dane personalne	6
2. Informacje o posiadanych dyplomach i uzyskanych stopniach naukowych	6
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	6
4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego	7
4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego	7
4.2 Wykaz publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego	7
4.3 Omówienie celu naukowego przedłożonych publikacji oraz najważniejszych wyników	10
I. Wprowadzenie	10
II. Cel pracy	11
III. Najważniejsze wyniki	13
A. Mieszanki polimerowe – metody badań w stanie stałym	13
B. Ocena mieszalności polimerów na podstawie badań w roztworze	19
C. Kompozyty polimerowe	25
IV. Podsumowanie	27
V. Literatura	29
5. Wykaz innych publikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowo – badawczych	32
5.1 Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	32
5.2 Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	33
5.3 Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR)	37
5.4 Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	37
5.5 Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	37
5.6 Krajowe projekty badawcze oraz udział w takich projektach	37
5.7 Nagrody za działalność naukową	37
5.8 Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych	38
6. Informacje o dorobku dydaktycznym i popularyzatorskim oraz o współpracy międzynarodowej habilitanta	39
6.1 Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	39
6.2 Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji	40
6.3 Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	44
6.4 Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	44
6.5 Opieka naukowa nad studentami	47
6.6 Opieka naukowa nad doktorantami o charakterze opiekuna	48

naukowego lub promotora pomocniczego	
6.7 Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	48
6.8 Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych lub krajowych	48

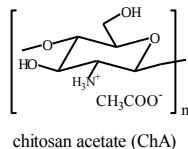
Alfabetyczny spis skrótów

b_m – parametr oddziaływania polimer A – polimer B

Ch – chitozan

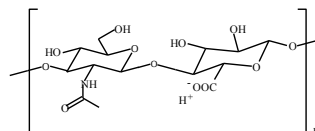


ChA – octan chitozanu



Coll – kolagen

HA – kwas hialuronowy



ΔH_f – entalpia topnienia

HAP – hydroksyapatyt, sześćioortofosforanu(V) dwuwodorotlenku dziesięciowapnia
 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

MMT – montmorylonit krzemian warstwowy,
 $\text{Na-MMT: Na}^+_{0,67}[\text{Al}_{3,33}\text{Mg}_{0,67}]\text{-Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

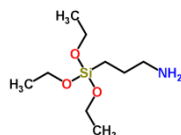
MCCh – mikrokrystaliczny chitozan

$\overline{M}_v$ – wiskozymetrycznie średni ciężar cząsteczkowy,

nanoglinki, nanoclay – modyfikowana związkami organicznymi powierzchnia montmorylonitu

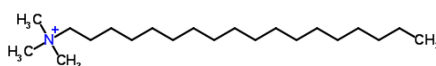
nanoglinka (1) – MMT + 25-30% oktadecyloamina (octadecylamine),
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{NH}_2$

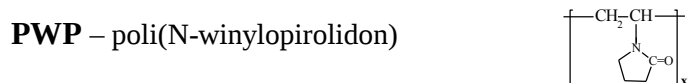
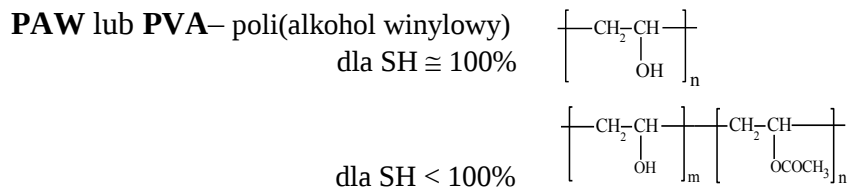
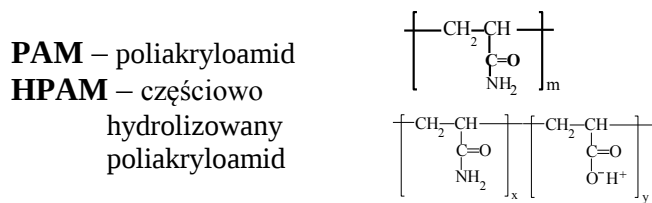
nanoglinka (2) – MMT + 15-35% oktadecyloamina + 0.5-5%amino-propylo-trietoksylan (aminopropyltriethoxysilane),



nanoglinka (3) – MMT + 25-30% chlorek trimetylo-oktadecylo-amoniowy (trimethyl stearyl ammonium)

Cl





R_q – parametr chropowatości: średnie kwadratowe odchylenie profilu chropowatości (RMS)

SD – stopień deacetylacji chitozanu

SF – fibroina jedwabiu

SH – stopień hydrolizy poli(alkoholu winylowego) lub częściowo hydrolizowanego poliakrylamidu

T_g – temperatura zeszklenia

T_m – temperatura topnienia

w_c – stopień krystaliczności

w_{Ch} – ułamek wagowy chitozanu

w_{MCCh} – ułamek wagowy mikrokrystalicznego chitozanu

w_{Coll} – ułamek wagowy kolagenu

γ_c – krytyczna wartość szybkości ścinania

1. Dane personalne

Imię i Nazwisko: Katarzyna Lewandowska

Miejsce zatrudnienia: Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków

Wydział Chemii

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Gagarina 7

87-100 Toruń

2. Informacje o posiadanych dyplomach i uzyskanych stopniach naukowych

2003

doktor nauk chemicznych w zakresie chemii

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

tytuł rozprawy doktorskiej: *Właściwości fizykochemiczne i mieszalność hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych (polimerów winylowych i chitozanu)*,

promotor: dr hab. Danuta U. Staszewska

1996

magister w zakresie chemii, specjalność chemia polimerów

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika

tytuł pracy magisterskiej: *Właściwości reologiczne wodnych roztworów poli(alkoholu winylowego) i poliwinylpirolidonu oraz ich mieszanin*

promotor: dr hab. Danuta U. Staszewska

1991

technik chemik o specjalności technologia procesów chemicznych

Technikum Chemiczne w Toruniu

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2013 – obecnie

adiunkt

Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

2006-2013

adiunkt

Katedra Chemii i Fotochemii Polimerów Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

1999-2005

asystent

Zakład Chemii Ogólnej Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

1996-1999

doktorant

Studium Doktoranckie, Wydział Chemii Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

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

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Wpływ oddziaływań międzycząsteczkowych na wybrane właściwości fizykochemiczne mieszanin i kompozytów chitozanu z polimerami naturalnymi i syntetycznymi

4.2 Wykaz publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego

Zestawienie obejmuje 13 publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC).

[H1] K. Lewandowska^{*}, *Comparative studies of rheological properties of polyacrylamide and partially hydrolyzed polyacrylamide solutions*, J. App. Polym. Sci., 2007, **103**, 2235-2241

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₀₇=1.008, liczba cytowań: 21

[H2] K. Lewandowska^{*}, *Miscibility and thermal stability of poly(vinyl alcohol)/chitosan mixtures*, Thermochim. Acta, 2009, **493**, 42-48.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₀₉=1.742, liczba cytowań: 39

[H3] K. Lewandowska^{*}, *Surface studies of microcrystalline chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures*, Appl. Surf. Sci., 2012, **263**, 115-123.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₂=2.112, liczba cytowań: 3

[H4] K. Lewandowska^{*}, *Viscometric studies in dilute solution mixtures of chitosan and microcrystalline chitosan with poly(vinyl alcohol)*, J. Solution Chem., 2013, **42**, 1654-1662.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₃=1.083, liczba cytowań: 2

[H5] K. Lewandowska^{*}, A. Sionkowska, B. Kaczmarek, G. Furtos, *Characterization of chitosan composites with various clays*, Int. J. Biol. Macromol., 2014, **65**, 534-541.

IF₂₀₁₄=2.858, liczba cytowań: 8

Wkład w autorstwo 65%: dobór warunków otrzymywania kompozytów oraz wykonania pomiarów, planowanie badań, zbieranie danych, opracowanie i dyskusja wyników, przygotowanie rękopisu oraz współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

[H6] K. Lewandowska^{*}, *Characterization of thin chitosan/polyacrylamide blend films*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2014, **590**, 186-192.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₄=0.493, liczba cytowań: 0

[H7] K. Lewandowska^{*}, A. Sionkowska, B. Kaczmarek, G. Furtos, *Mechanical and morphological studies of chitosan/clay composites*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2014, **590**, 193-198.

IF₂₀₁₄=0.493, liczba cytowań: 1

Wkład w autorstwo 65%: dobór warunków otrzymywania kompozytów oraz wykonania pomiarów, planowanie badań, zbieranie danych, opracowanie i dyskusja wyników, przygotowanie rękopisu oraz współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

[H8] A. Sionkowska, K. Lewandowska^{*}, A. Płancka, *Miscibility and physical properties of chitosan and silk fibroin mixtures*, J. Mol. Liq. 2014, **198**, 354-357.

IF₂₀₁₄=2.515, liczba cytowań: 1

Wkład w autorstwo 40%: wykonanie obliczeń związanych z pomiarami wiskozymetrycznymi, analiza wyników termograwimetrycznych, opracowanie i dyskusja wyników, przygotowanie rękopisu oraz współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

[H9] A. Sionkowska^{*}, A. Płancka, K. Lewandowska, M. Michalska, *The influence of UV-irradiation on thermal and mechanical properties of chitosan and silk fibroin mixtures*, J. Photochem. Photobiol., B, 2014, **140**, 301-305.

IF₂₀₁₄=2.960, liczba cytowań: 5

Wkład w autorstwo 30%: analiza i opracowanie wyników, graficzne przedstawienie wyników w tekście, współredakcja tekstu.

[H10] K. Lewandowska^{*}, *Influence of molecular weight on structure and rheological properties of microcrystalline chitosan mixtures*, Int. J. Biol. Macromol., 2015, **79**, 583-586.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₅=2.858, liczba cytowań: 0

[H11] K. Lewandowska^{*}, *Miscibility and physical properties of chitosan and polyacrylamide blends*, J. Mol. Liq. 2015, **209**, 301-305.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₅=2.515, liczba cytowań: 0

[H12] K. Lewandowska^{*}, *Characterization of chitosan composites with synthetic polymers and inorganic additives*, Int. J. Biol. Macromol., 2015, **81**, 159-164.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₅=2.858, liczba cytowań: 0

[H13] K. Lewandowska^{*}, A. Sionkowska, S. Grabska, *Chitosan blends containing hyaluronic acid and collagen. Compatibility behaviour*. J. Mol. Liq. 2015, **212**, 879-884.

IF₂₀₁₅=2.515, liczba cytowań: 0

Wkład w autorstwo 75%: dobór warunków otrzymywania mieszanin dwuskładnikowych i trójskładnikowych oraz warunków wykonania pomiarów, wykonanie obliczeń związanych z pomiarami wiskozymetrycznymi, opracowanie i dyskusja wyników, przygotowanie rękopisu oraz współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

^{*} autor do korespondencji

4.3 Omówienie celu naukowego przedłożonych publikacji oraz najważniejszych wyników

I. Wprowadzenie

Produkcja materiałów polimerowych rosła szybko w minionych 50 latach i nadal istnieje ogromne zapotrzebowanie na nowe materiały o ściśle określonych właściwościach do bardzo specyficznych zastosowań w różnych gałęziach przemysłu i gospodarki. Jedną z metod modyfikacji właściwości polimerów jest otrzymywanie mieszanin lub kompozytów polimerowych. Obecnie istnieje tendencja do coraz szerszego stosowania polimerów naturalnych, otrzymywanych ze źródeł odnawialnych, szczególnie tych, które pozyskuje się z odpadów przemysłu spożywczego, rolnego czy celulozowo-papierniczego. Zainteresowanie materiałami zawierającymi polimery naturalne związane jest także ze wzrostem zapotrzebowania na produkty o charakterze ekologicznym – przyjazne człowiekowi i jego naturalnemu środowisku [1-14]. Drugi powód coraz szerszego wykorzystania polimerów ze źródeł odnawialnych to świadomość, że nasze zasoby ropy naftowej są skończone.

Badania przed uzyskaniem stopnia doktora

Właściwości fizykochemiczne mieszanin polimerowych zależą od oddziaływań międzycząsteczkowych jej składników. Jeżeli istnieje możliwość takich oddziaływań, wymieszanie chemicznie różnych składników polimerowych może mieć miejsce na poziomie molekularnym, a właściwości mieszaniny mogą wykazywać efekt synergetyczny. I takie mieszaniny mogą potencjalnie znaleźć dalsze zastosowanie. Stopień mieszalności składników zależy od [15-18]:

- budowy chemicznej składników, warunkującej występowanie oddziaływań specyficznych, takich jak: wiązania wodorowe, donorowo–akceptorowe, oddziaływania jonowe, jonowo–dipolowe i z przeniesieniem ładunku,
- składu mieszaniny,
- ciężaru cząsteczkowego składników mieszaniny;
- metody i warunków otrzymywania mieszaniny.

Badania związane z oceną mieszalności i oceną właściwości fizykochemicznych mieszanin polimerowych zawierających polimery syntetyczne i naturalne, zostały przeze mnie podjęte w trakcie wykonywania pracy doktorskiej i obejmowały następujące mieszaniny:

- ✓ układ I: mieszaniny poli(alkoholu winylowego) (PAW) z poli(N-winylopirolidonem) (PWP). Wyniki badań były finansowane przez grant UMK (1997) oraz stypendium Polskiego Towarzystwa Chemicznego na staż (1999) i stanowiły podstawę dwóch publikacji [17, 19].
- ✓ układ II: mieszaniny octanu chitozanu (ChA) lub chitozanu (Ch) z poli(N-winylopirolidonem) (PWP). Wyniki powyższych badań były finansowane przez grant UMK (2000) oraz stypendium Polskiego Towarzystwa Chemicznego na staż (1999) i stanowiły w dużej części podstawę publikacji [18].
- ✓ układ III: mieszaniny octanu chitozanu (ChA) z poli(alkoholem winylowym) (PAW) – w tym wypadku badania zostały zapoczątkowane i obejmowały jedynie właściwości

hydrodynamiczne mieszanin rozcieńczonych roztworów ChA/PAW (przy zastosowaniu metody rozpuszczalnika polimerowego oraz metody klasycznego rozcieńczania). W tym układzie nie badano wpływu: ciężaru cząsteczkowego obu polimerów, stopnia hydrolizy PAW oraz nie zastosowano innych metod badań, przede wszystkim badań w stanie stałym.

Uzyskane wyniki badań mieszalności i właściwości fizykochemicznych zostały zaprezentowane w postaci 6 komunikatów ustnych na konferencjach krajowych i 2 plakatów oraz zostały opublikowane w trzech wspomnianych publikacjach [17-19] oraz złożyły się na przygotowaną pod kierunkiem dr hab. Danuty U. Staszewskiej rozprawę doktorską zatytułowaną *Właściwości fizykochemiczne i mieszalność hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych (polimerów winylowych i chitozanu)*, którą obroniłam 11 czerwca 2003 roku.

Badania po uzyskaniu stopnia doktora

W dalszej działalności naukowej podjęłam decyzję kontynuacji badań związanych z oceną mieszalności i właściwości fizykochemicznych mieszanin chitozanu z poli(alkoholem winylowym), w porównaniu do mieszanin mikrokryształicznego chitozanu (MCCh) i poli(alkoholu winylowego) wprowadzając istotne elementy nowości. W literaturze badania dotyczące właściwości mieszanin chitozanu z PAW były przedstawione w pracach Miya et al. [20], Muchy et al. [21-23], Younga et al. i innych [24-27]. Badania te wskazywały na słabą mieszalność chitozanu z PAW, chociaż analiza widm IR wskazała na możliwość tworzenia wiązań wodorowych pomiędzy grupami –OH PAW, a grupami –OH i –NH₂ chitozanu [20,26,27]. Jednak autorzy tych prac często nie dają pełnej charakterystyki stosowanych próbek polimerowych. Tak więc, pewne aspekty, takie jak na przykład wpływ stopnia hydrolizy poli(alkoholu winylowego), czy ciężaru cząsteczkowego homopolimerów na mieszalność w układzie Ch/PAW nie były badane w cytowanych wyżej pracach.

Istotnym elementem nowości jest ocena także właściwości mieszanin chitozanu z poliakryloamidem (PAM) i częściowo hydrolizowanym poliakryloamidem (HPAM), fibroiną jedwabiu (SF) oraz kwasem hialuronowym (HA). Ponadto, przeprowadzono również badania związane z kompozytami polimerowymi zawierającymi chitozan, poli(alkohol winylowy) i dodatki nieorganiczne tj. montmorylonit (MMT) i hydroksyapatyt (HAP) pod kątem praktycznego zastosowania w medycynie czy kosmetyce.

II. Cel pracy

Celem rozprawy habilitacyjnej było zbadanie, w możliwie szerokim zakresie, wpływu oddziaływań międzycząsteczkowych na wybrane właściwości fizykochemiczne mieszanin chitozanu z polimerami naturalnymi i syntetycznymi oraz kompozytów polimerowych, w stanie stałym i w roztworze.

W przeprowadzonych badaniach uwzględnione zostały następujące aspekty:

- ✓ stopień hydrolizy poli(alkoholu winylowego),
- ✓ stopień hydrolizy poliakryloamidu,
- ✓ ciężar cząsteczkowy chitozanu i mikrokryształicznego chitozanu,

- ✓ skład wagowy mieszaniny czy kompozytu,
- ✓ termodynamiczna jakość rozpuszczalnika,
- ✓ stężenie roztworu,
- ✓ temperatura pomiaru.

Szczegółowa specyfikacja zastosowanych prób polimerowych została przedstawiona w **Tabeli 3**.

Tabela 3 *Charakterystyka prób polimerowych.*

Polimer	$\overline{M}_v \times 10^{-3}$ (g/mol)	SH (%)	SD (%)	Producent
Ch I	471		83	Morski Instytut Rybacki
Ch II	1400		79	Aldrich
Ch III	540		78	Aldrich
Ch IV	880		86	Aldrich
Ch V	200		80	Aldrich
MCCh I	1000		84	synteza własna*
MCCh II	500		86	synteza własna*
PAW(88)	136	87,7		Loba
PAW(99)	110	99,4		Aldrich
PAM	3000			Acros
HPAM(1)	1100	1,0		Aldrich
HPAM(1.5)	1500	1,5		Aldrich
HPAM(20)	230	20		Aldrich
HPAM(80)	200	80		Aldrich
HA	1800			Aldrich
PWP	630			Aldrich

$\overline{M}_v$ - wiskozymetrycznie średni ciężar cząsteczkowy, SH – stopień hydrolizy PAW lub HPAM, SD – stopień deacetylacji chitozanu

*K. Lewandowska, Appl. Surf. Sci., 2012, **263**, 115-123

Chitozan - poli [β - (1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-deoksy-D-glukopiranoza] jest najważniejszą pochodną chityny i głównym polisacharydem, stosowanym we wszystkich badanych układach w niniejszej rozprawie. Unikalne właściwości chitozanu, takie jak bioaktywność, biogodności, biodegradowalność, rozpuszczalność w roztworach wodnych kwasów organicznych i nieorganicznych, nietoksyczność, właściwości kompleksotwórcze, błono- i włóknotwórcze, powodują rosnące zainteresowanie jego zastosowaniem przede wszystkim w aplikacjach biomedycznych, gdzie jest wykorzystywany do otrzymywania materiałów opatrunkowych, w inżynierii tkankowej, jako nośnik leków, białek/peptydów, czy też w kosmetyce. Wzrost praktycznych zastosowań dla tego naturalnego polimeru związany jest z modyfikacją jego właściwości fizykochemicznych. Taką modyfikację można również prowadzić przez otrzymywanie mieszanin i kompozytów polimerowych z udziałem chitozanu.

W tym kontekście do najważniejszych kierunków przeprowadzonych przeze mnie badań należało przygotowanie i ocena właściwości fizykochemicznych następujących układów:

- ✓ chitozan z poli(alkoholem winylowym) o stopniu hydrolizy od 88 do 99%,
- ✓ mikrokryształiczny chitozan z poli(alkoholem winylowym) o stopniu hydrolizy od 88 do 99%,
- ✓ chitozan z poliakryloamidem,

- ✓ chitozan z częściowo hydrolizowanym poliakryloamidem o stopniu hydrolizy od 1 do 20%,
- ✓ mikrokryształiczny chitozan z częściowo hydrolizowanym poliakryloamidem,
- ✓ chitozan z fibroiną jedwabiu,
- ✓ chitozan z kwasem hialuronowym i kolagenem,
- ✓ chitozan z montmorylonitem i chitozan z montmorylonitem którego powierzchnia została zmodyfikowana przy użyciu następujących związków organicznych: (1) MMT + 25-30% okta-decyloaminy, (2) MMT+15-35% okta-decyloaminy oraz 0.5-5% aminopropylotrójetoxy-silanu, (3) MMT+25-30% trimetylo-okta-decyloamoniowy
- ✓ chitozan z poli(alkoholem winylowym) i montmorylonitem.

Wymienione wyżej układy zawierają hydrofilowe związki wielkocząsteczkowe, w których istnieją grupy funkcyjne np. $-OH$, $-NH_2$, $-COOH$, umożliwiające oddziaływania międzycząsteczkowe i w rezultacie otrzymanie mieszanin fizycznie jednorodnych, co z kolei może prowadzić do polepszenia właściwości fizykochemicznych badanych układów.

Cele rozprawy realizowane były z wykorzystaniem następujących metod eksperymentalnych:

– w przypadku badań w ciele stałym:

różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) z wykorzystaniem techniki Hyper DSC, analizy termicznej dynamicznych właściwości mechanicznych (DMTA), analizy termograwimetrycznej (TGA), spektroskopii w podczerwieni (FTIR), mikroskopii sił atomowych (AFM), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), pomiarów właściwości mechanicznych, pomiarów kąta zwilżania.

– w przypadku badań w roztworze:

pomiary wiskozymetryczne roztworów rozcieńczonych, pomiary właściwości reologicznych roztworów stężonych homopolimerów oraz ich mieszanin.

Przeprowadzone badania w kierunku habilitacji finansowane były w ramach grantu NCN UMO-2013/11/B/ST8/04444, dwóch grantów UMK (2006 i 2009) oraz grantu otrzymanego w ramach COST TD 0903 na staż STSM. Uzyskane wyniki i płynące z nich wnioski przedstawiłam w cyklu 13 monotematycznych publikacji (**H1-H13**).

III. Najważniejsze wyniki

A. Mieszaniny polimerowe – metody badań w stanie stałym

Od wielu lat metody analizy termicznej są stosowane do charakterystyki materiałów polimerowych. Zatem, takie techniki jak różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC), analiza termograwimetryczna (TGA), analiza termiczna dynamicznych właściwości mechanicznych (DMTA) są szeroko wykorzystywane zarówno w badaniach naukowych jak i przemysłowych. Właściwości termiczne dostarczają wielu cennych informacji

związanych ze sztywnością, stabilnością termiczną i mieszalnością składników polimerowych [1,17,18,22,23].

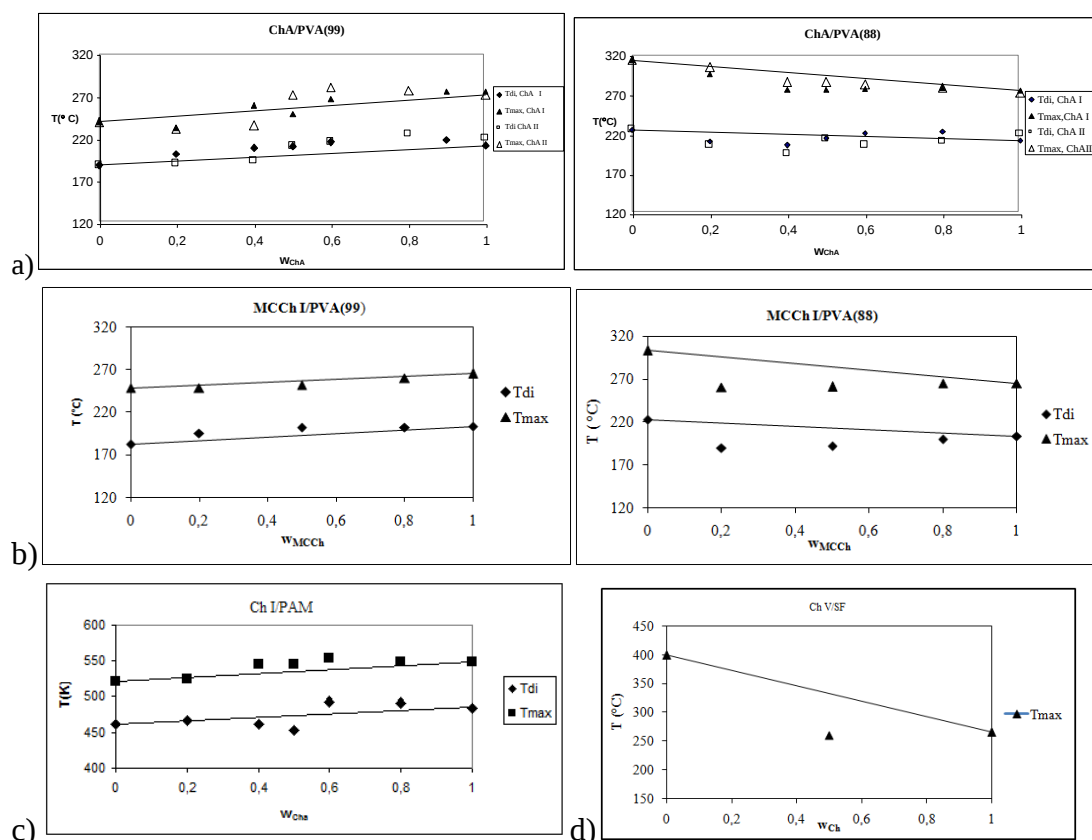
Tabela 4 Temperatura zeszklenia (T_g), temperatura topnienia (T_m), entalpia topnienia (ΔH_f) i stopień krystaliczności (w_c) dla mieszanin Ch/PAW, MCCCh/PAW i Ch/PAM [28-30, (H2)].

Skład mieszaniny	$T_g(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H_f(\text{J/g})$	$w_c(\%)$
Ch I/PAW(99)				
100:0	207	-	-	-
90:10	-	211	7,5	5,3
60:40	-	224	16,2	11,4
50:50	-	226	17,0	12,0
40:60	-	228	22,7	16,0
20:80	93	227	40,5	28,6
0:100	92	240	47,0	33,1
Ch II/PAW(99)				
100:0	191	-	-	-
80:20	-	214	3,3	2,3
60:40	-	214	20,9	14,7
50:50	94	218	21,3	15,0
40:60	92	221	33,5	23,6
20:80	93	227	51,5	36,3
0:100	92	240	47,0	33,1
Ch I/PAW(88)				
100:0	207	-	-	-
80:20	191	-	-	-
60:40	87	186	1,0	0,7
50:50	89	185	3,0	2,1
40:60	83	182	9,0	6,4
20:80	83	185	13,0	9,2
0:100	82	191	24,6	17,3
Ch II/PAW(88)				
100:0	191	-	-	-
80:20	-	-	-	-
60:40	-	-	-	-
50:50	-	182	3,5	2,5
40:60	-	184	3,0	1,9
20:80	87	186	6,7	4,8
0:100	82	191	24,6	17,3
MCCCh I/PAW(99)				
100:0	146	-	-	-
80:20	-	-	-	-
50:50	90	206	10,3	7,3
20:80	87	218	33,2	23,4
0:100	87	231	52,4	36,9
MCCCh I/PAW(88)				
100:0	146	-	-	-
80:20	140	-	-	-
50:50	81	-	-	-
20:80	81	181	1,3	0,9
0:100	82	188	21,2	14,9
Ch I/PAM				
100:0	207	-	-	-
60:40	166	-	-	-
50:50	164	-	-	-
40:60	178	-	-	-
20:80	184	-	-	-
0:100	179	-	-	-

Generalnie, ocena mieszalności danego układu oparta jest na liniowej zmianie wartości T_g w mieszaninie polimerów. Zatem w układzie mieszalnym obserwuje się jedną wartość

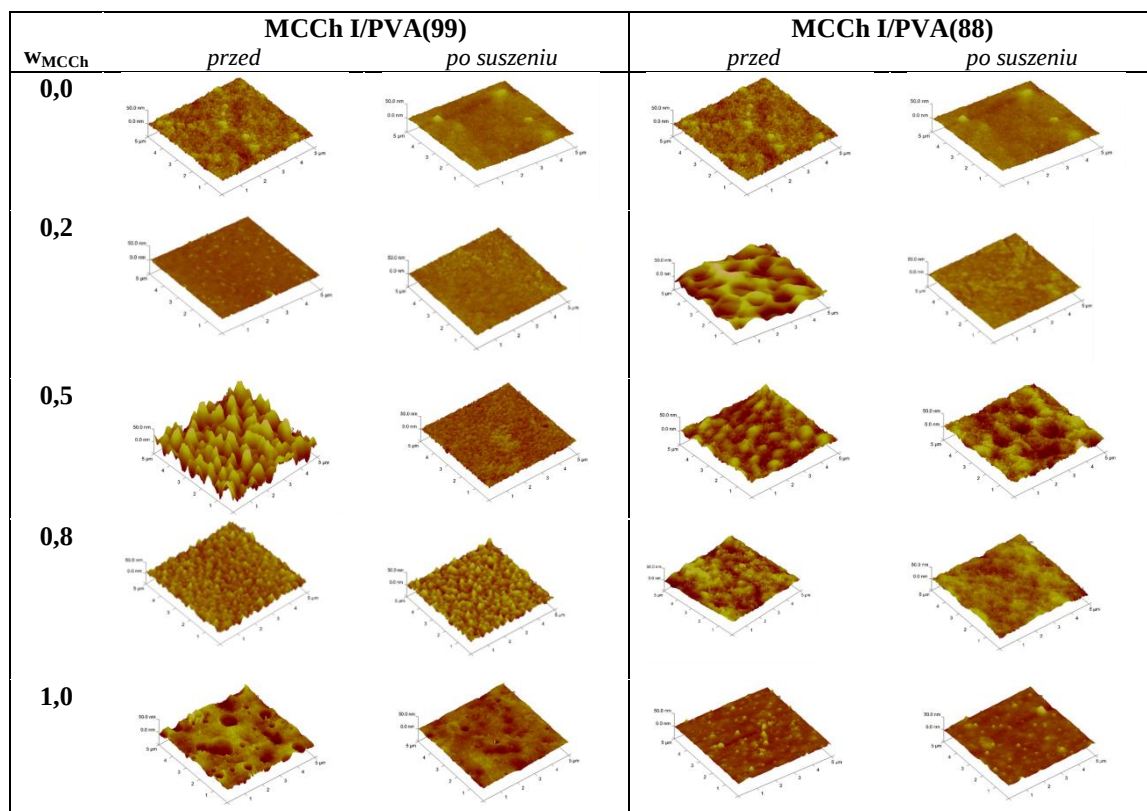
T_g zawartą pomiędzy wartościami T_g obu składników mieszaniny. Z przebiegu krzywych termicznych DSC wyznaczono wartości T_g , T_m , ΔH_f i w_c dla próbek PAW oraz mieszanin Ch/PAW i MCCh/PAW, a w przypadku Ch, MCCh, PAM i mieszanin Ch/PAM wartości T_g . Wyniki zostały przedstawione w **Tabeli 4**. Przeprowadzone badania DSC (Tabela 4) i DMTA [28-30, (H2)] wykazały występowanie temperatur przejść fazowych, charakterystycznych dla indywidualnych składników polimerowych, co jest interpretowane jako przejaw braku mieszalności tych składników. W przypadku mieszanin Ch I/PAW(88) zaobserwowano zmianę wartości T_g pomiędzy temperaturami zeszklenia wyjściowych polimerów, zwłaszcza dla mieszanin o $w_{Ch} \geq 0,5$. Obecność jednej wartości T_g sugeruje mieszalność tego układu. Dla mieszaniny MCCh I/PAW(88) otrzymane zmiany w wartościach T_g są mniejsze, co może wskazywać na gorszą mieszalność tego układu. Z kolei dla mieszanin Ch I/PAW(99), Ch II/PAW(99), ChII/PAW(88), MCCh I/PAW(99) zaobserwowano praktycznie brak zmiany wartości T_g ze składem mieszaniny, co może wskazywać na niemieszalność tych układów. W przypadku mieszaniny Ch I/PAM zmiany są bardzo nieregularne i przesunięcie wartości T_g występuje tylko dla składu o małej zawartości Ch ($w_{Ch}=0,2$), co może wskazywać na mieszalność tylko dla tego składu. Ponadto, dla układów Ch I/PAW(88), Ch I/PAW(99), Ch II/PAW(99), ChII/PAW(88), MCCh I/PAW(99), MCCh I/PAW(88) zaobserwowano obniżenie wartości temperatury topnienia (T_m) ze wzrostem ułamka wagowego Ch lub MCCh I w mieszaninie (Tabela 4), a w mieszaninach o małej zawartości PAW ($w_{PAW} \leq 0,5$), T_m nie jest obserwowane. Na podstawie uzyskanych eksperymentalnych wartości entalpii topnienia i porównaniu z literaturową wartością entalpii topnienia PAW o SH=100% [17,28 (H2),31], obliczono stopień krystaliczności (w_c) dla poszczególnych mieszanin Ch/PAW i MCCh/PAW (Tab. 4). Zarówno wartości ΔH_f jak i wartości w_c obniżają się wyraźnie ze wzrostem ułamka wagowego Ch. Takie zachowanie świadczy o oddziaływaniach PAW z Ch lub MCCh, w konsekwencji której obniża się stopień krystaliczności PAW. Zatem częściową mieszalność w układach Ch/PAW i MCCh/PAW można rozważać, gdy wartość w_c PAW jest niska (w przedziale 17% do 2%) i przy względnie małej wartości ciężarzu cząsteczkowego chitozanu (Ch I).

Na podstawie analizy krzywych TGA wyznaczone zostały charakterystyczne temperatury rozkładu tj. temperatura początku rozkładu T_{di} oraz temperatura, przy której proces rozkładu biegnie z największą szybkością T_{max} . Rysunek 1 przedstawia porównanie parametrów: T_{di} i T_{max} dla następujących układów: ChA I/PAW, ChA II/PAW, MCCh I/PAW i Ch I/PAM w drugim etapie tj. w etapie, w którym następuje rozkład próbek polimerowych. W przypadku mieszanin ChA I/PAW(99), ChA II/PAW(99), MCCh I/PAW(99) i Ch I/PAM zaobserwowano praktycznie liniowy wzrost T_{di} i T_{max} ze wzrostem ułamka wagowego chitozanu w mieszaninie. Taki kierunek zmian wymienionych parametrów świadczy o poprawie stabilności termicznej PAW(99) w mieszaninie z chitozanem. Z kolei dla układów: ChA I/PAW(88), ChA II/PAW(88), MCCh/PAW(88) i ChV/SF (SF - fibroina jedwabiu) wartości T_{di} i T_{max} nie ulegają zmianie na skutek dodania drugiego składnika do mieszaniny, co wskazuje na brak poprawy stabilności termicznej zarówno PAW(88) jak i SF, na skutek zmieszania z chitozanem lub mikrokrystalicznym chitozanem.



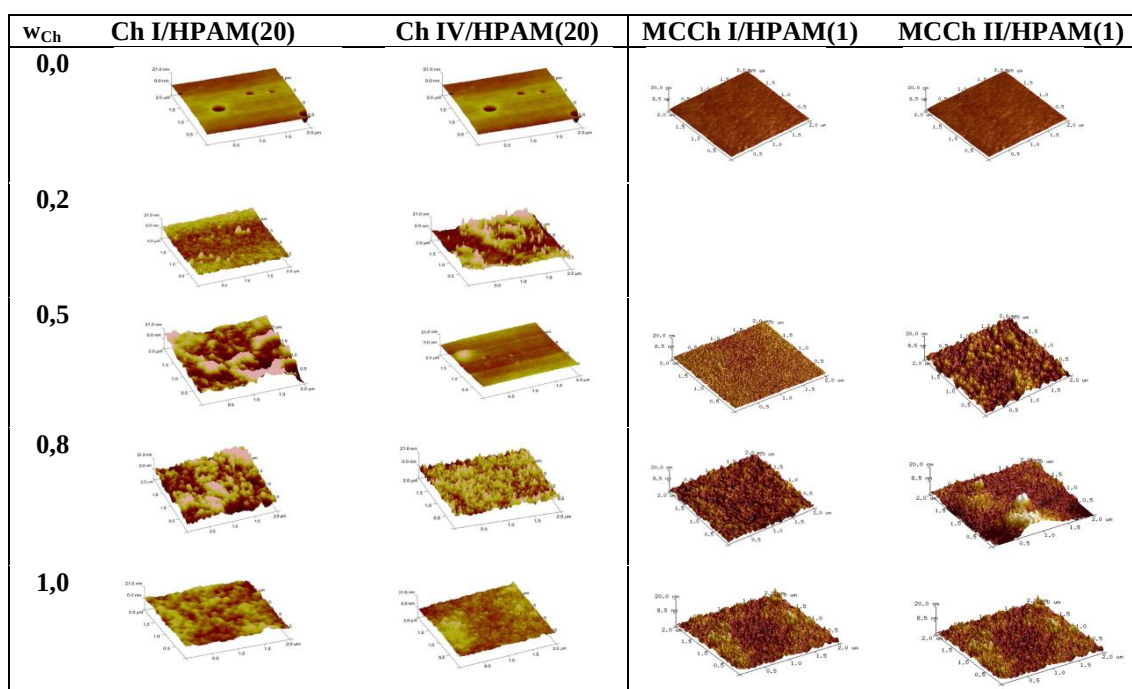
Rys.1. Temperatura początku rozkładu T_{di} i temperatura przy której proces rozkładu biegnie z największą szybkością T_{max} dla mieszanin: a) ChA/PAW, b) MCCh/PAW, c) Ch I/PAM, d) Ch V/SF. Linia ciągła – wartości otrzymane przy zastosowaniu reguły addytywności. [28-30,32, (H2, H8)]

Właściwości powierzchniowe filmów otrzymanych z następujących mieszanin: MCCh I/PAW(99), MCCh I/PAW(88), Ch I/HPAM(20), Ch IV/HPAM(20), MCCh I/HPAM(1), MCCh II/HPAM(1), Ch II/PAM, Ch III/HA, Ch III/HA/Coll zostały ocenione z zastosowaniem mikroskopii sił atomowych AFM oraz pomiarów kąta zwilżania. Jak wiadomo [8,10,15,16], topografia powierzchni filmu polimerowego oraz hydrofobowość/hydrofilowość powierzchni ma istotne znaczenie przy zastosowaniu materiałów polimerowych w aplikacjach biomedycznych czy kosmetycznych. Rysunki 2-5 przedstawiają topografię powierzchni wymienionych wyżej filmów polimerowych. Jak można zauważyć, na morfologię powierzchni filmu polimerowego istotny wpływ wywiera obecność śladowych ilości rozpuszczalnika (Rys.2.), krystaliczność składników mieszaniny (Rys. 2, 3 i 5), stopień hydrolizy w przypadku PAW i HPAM, udział wagowy poszczególnych składników oraz możliwość występowania oddziaływań międzycząsteczkowych. W przypadku prób Ch, PAW, MCCh, Coll, powierzchnia filmu polimerowego jest chropowata, o strukturze ziarnistej lub z charakterystycznym wzorem. Taki wygląd powierzchni filmu związany jest ze strukturą krystaliczną lub włóknistą badanych prób polimerowych. Z kolei powierzchnia próby PAM i HPAM jest płaska i gładka, czasami występują na niej wgłębienia, co związane jest z amorficznością tych polimerów.



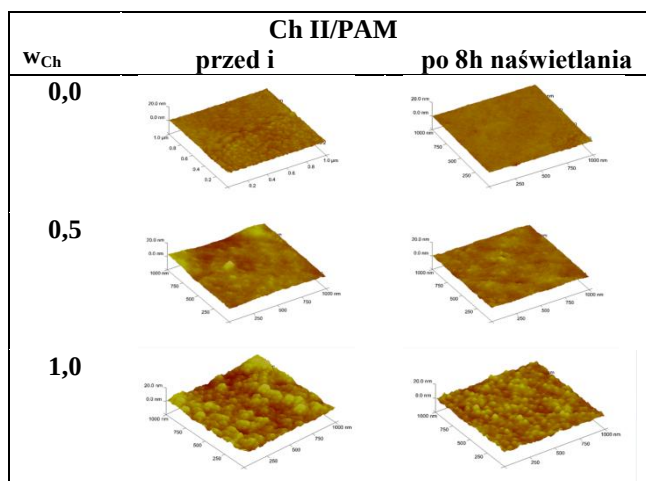
Rys.2. Obrazy 3D AFM filmów przed (lewa strona) i po (prawa strona) suszeniu w suszarce próżniowej dla mieszanin MCCh/PAW [33, (H3)].

Dla filmów HA, jak pokazano w pracy [37, (H13)], morfologia powierzchni silnie zależy od siły jonowej roztworu, z którego otrzymano film polimerowy. W przypadku mieszanin MCCh/PAW, krystaliczna struktura jest widoczna na zdjęciach AFM (patrz Rys.2.). Zatem nie ulega ona zniszczeniu podczas mieszania składników. Ponadto, we wszystkich mieszaninach zawierających poli(alkohol winylowy), PAW jest skupiony na powierzchni filmu polimerowego. Najbardziej gładkie powierzchnie uzyskano dla mieszanin po procesie suszenia i przy małej zawartości MCCh. Duże wartości współczynników chropowatości występują w przypadku mieszanin Ch/HPAM, MCCh/HPAM, Ch/HA i Ch/HA/Coll (Rys. 3 i 5) [34,35, 37, (H6, H10, H13)]. Zaobserwowane zmiany w morfologii powierzchni filmów mieszanin są związane ze zmianą homogeniczności analizowanych układów na skutek oddziaływań pomiędzy składnikami mieszaniny. Tworzenie dwu- lub trójskładnikowych mieszanin może powodować wzrost rozmiarów mikrodomen, na skutek oddziaływań odpychających na granicy faz, co obserwuje się przede wszystkim w mieszaninach: Ch I/HPAM(20) o $w_{Ch} \geq 0.5$, MCCh II/HPAM(1) (Rys.3), Ch/HA o $w_{Ch} \geq 0.5$, Ch/HA/Coll o $w_{Coll} \leq 0.5$ (rys.5). W wymienionych wyżej przypadkach niewielki dodatek składnika polimerowego poprawia morfologię powierzchni filmu, która staje się bardziej gładka i płaska np. Ch IV/HPAM(20) 50/50 (Rys. 3) czy Ch/HA 20/80 (Rys. 5).



Rys.3. Obrazy 3D AFM filmów dla mieszanin Ch/HPAM i MCCh/HPAM [34,35, (H6, H10)].

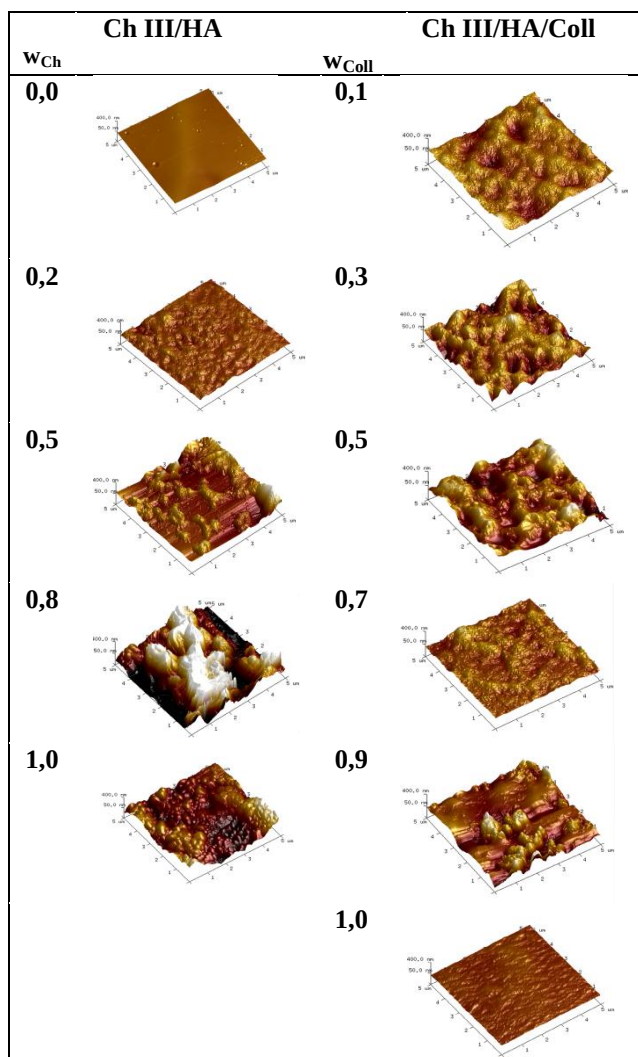
Wśród różnych typów oddziaływań pomiędzy chitozanem a innymi badanymi polimerami (HA, HPAM czy Coll), wiązania wodorowe i oddziaływania elektrostatyczne odgrywają ważną rolę w strukturze i właściwościach mieszanin polimerowych. Te wzajemne oddziaływania, jak pokazano na Rys. 2-5 i w pracach [33-37, (H3, H6, H10, H13)], zależą od składu roztworu i rodzaju rozpuszczalnika, stosowanego do otrzymywania mieszanin i mogą podwyższać jednorodność powierzchni wymienionych kompozycji.



Rys.4. Obrazy 3D AFM filmów dla mieszanin Ch II/PAM przed i po naświetlaniu promieniowaniem UV (254nm) [36].

Ze względu na obecność w kwasie hialuronowym grup funkcyjnych: amidowych, hydroksylowych i karboksylowych, a w przypadku częściowo hydrolizowanego poliakryloamidu grup amidowych i karboksylowych, istnieje możliwość oddziaływań międzycząsteczkowych wyżej wymienionych substancji z grupami $-OH$, $-NH_2$, i $>C=O$ chitozanu i kolagenu, poprzez tworzenie wiązań wodorowych czy poprzez oddziaływania elektrostatyczne. Siły przyciągające jak i oddziaływanie elektrostatyczne między składnikami mieszaniny mogą prowadzić do zmniejszenia wielkości mikrodomen.

Przeprowadzone badania widm oscylacyjnych przedstawione w pracach [33,36,38, (**H3**, **H11**)] potwierdziły występowanie oddziaływań międzycząsteczkowych w badanych układach.



Rys.5. Obrazy 3D AFM filmów dla mieszanin Ch III/HA oraz Ch III/HA/Coll [37, (**H13**)].

B. Ocena mieszalności polimerów na podstawie badań w roztworze

Ocena mieszalności polimerów w roztworze, prowadzona przy zastosowaniu metody wiskozymetrycznej lub reologii, polega na wyznaczaniu eksperymentalnych parametrów oddziaływań międzycząsteczkowych lub równoważnych im wielkości i porównania ich z obliczonymi wielkościami idealnymi. Na podstawie wielu eksperymentów i teoretycznych rozważań w literaturze [15-17, 32, 37-41 (**H4**, **H8**, **H11**, **H13**)] przyjmuje się, że:

- odchylenia dodatnie ($\Delta b_m > 0$) między wielkością eksperymentalną a idealną wskazują na mieszalność badanego układu,
- odchylenia ujemne ($\Delta b_m < 0$) natomiast na niemieszalność badanego układu.

Badania w układach mieszanin przedstawione w pracach [32,37-39,42-44 (**H4**, **H8**, **H11**, **H13**)] wskazują, że konkluzja o mieszalności polimerów na podstawie właściwości hydrodynamicznych ich rozcieńczonych roztworów jest niejednoznaczna, zależy bowiem od:

- termodynamicznej jakości rozpuszczalnika,
- postaci równania użytego do ekstrapolacji wyznaczonej wielkości,
- przyjętego kryterium obliczania wartości idealnej.

Tabele 5-8 zawierają wybrane wyniki badań viskozymetrycznych dla mieszanin Ch/PAW, MCCh/PAW, Ch/SF, Ch/PAM, Ch/HPAM i Ch/HA przy zastosowaniu kryterium Garcia et al. [40].

Tabela 5 Porównanie wartości eksperymentalnych i idealnych parametrów oddziaływania b_m dla mieszanin Ch/PAW i MCCh/PAW [39, (H4)] przy zastosowaniu kryterium Garcia et al. [40], rozpuszczalnik: $0,1\text{mol/dm}^3 \text{CH}_3\text{COOH}/0,2\text{mol/dm}^3 \text{NaCl}$.

Ch II/PAW(88)			
w_{Ch}	b_m^{exp} [dL/g] ²	b_m^{id} [dL/g] ²	Δb_m
0.2	1.85±0.26	1.12±0.16	0.73
0.4	5.80±0.81	4.12±0.58	1.68
0.5	8.50±1.20	6.38±0.89	2.12
0.6	11.40±1.60	9.15±1.28	2.25
0.8	19.90±2.79	16.23±2.27	3.67
Ch II/PAW(99)			
0.2	2.16±0.29	2.14±0.29	0.95
0.4	6.38±0.89	5.55±0.78	1.38
0.5	9.05±1.27	7.85±1.10	1.43
0.6	11.68±1.64	10.56±1.48	2.50
0.8	18.94±2.65	17.16±2.40	0.92
MCCh I/PAW(88)			
0.2	1.03±0.14	0.73±0.10	0.30
0.4	3.10±0.43	2.56±0.36	0.54
0.5	4.43±0.62	3.94±0.55	0.49
0.6	5.89±0.82	5.64±0.79	0.25
0.8	9.69±1.36	9.98±1.40	-0.29
MCCh I/PAW(99)			
0.2	0.97±0.14	0.84±0.12	0.13
0.4	3.14±0.44	2.65±0.37	0.49
0.5	4.41±0.62	4.03±0.56	0.38
0.6	6.24±0.87	5.74±0.80	0.50
0.8	10.46±1.46	10.13±1.42	0.33

w_{Ch} – ułamek wagowy Ch lub MCCh,
układy niemieszalne zostały oznaczone kolorem czerwonym.

Jak można zauważyć z Tabeli 5, wartości Δb_m są dodatnie i przekraczają wartość błędu eksperymentu w przypadku mieszanin Ch/PAW, co wskazuje na podstawie przyjętego kryterium, na mieszalność tych układów w roztworze. Ten wniosek częściowo potwierdził moje wcześniej zaprezentowane badania w stanie stałym [28, (H2)], w których jedynie dla układu Ch I/PAW(88) zaobserwowano częściową mieszalność. Badania w stanie stałym zostały jednak przeprowadzone dla filmów mieszanin otrzymywanych z wodnych roztworów kwasu octowego, co może mieć wpływ na obserwowane różnice. Z literatury [15,16,17,40] wiadomo, że skład rozpuszczalnika odgrywa ważną rolę w procesie mieszania polimerów.

Tabela 6 Porównanie wartości eksperymentalnych i idealnych parametrów oddziaływania b_m dla mieszanin Ch V/SF [32, (H8)] przy zastosowaniu kryterium Garcia et al. [40].

Ch V/SF			
w_{Ch}	b_m^{exp} [dL/g] ²	b_m^{id} [dL/g] ²	Δb_m
0.2	36±0.2	9±0.5	27
0.5	58±3	57±3	1
0.8	115±6	147±7	-32

w_{Ch} – ułamek wagowy Ch,

układy niemieszalne zostały oznaczone kolorem czerwonym.

Dla mieszanin MCCh/PAW wartości Δb_m są dodatnie, ale często nie przekraczają błędu eksperymentu i są niższe niż dla mieszanin Ch/PAW, co świadczy o słabej mieszalności układów MCCh/PAW w porównaniu z Ch/PAW. W tym wypadku badania w stanie stałym zgadzają się w pełni z wysuniętym powyżej wnioskiem. Dla mieszanin ChV/SF mieszalność składników polimerowych występuje tylko przy małej zawartości chitozanu w mieszaninie ($w_{Ch} < 0.5$, Tabela 6). Z kolei dla mieszanin Ch/PAM i Ch/HPAM zaobserwowano dobrą mieszalność składników polimerowych w roztworze, bowiem dla wszystkich składów otrzymano dodatnie wartości parametru Δb_m , przekraczające wartość błędu eksperymentu. Na stopień mieszalności w tych układach ma wpływ także ciężar cząsteczkowy polimerów. I tak: polimery o zbliżonych ciężarach cząsteczkowych (Ch II/PAM i Ch II/HPAM(1.5)) są lepiej mieszalne, gdyż otrzymuje się dla nich wyższe wartości parametru Δb_m .

Tabela 7 Porównanie wartości eksperymentalnych i idealnych parametrów oddziaływania b_m dla mieszanin Ch/PAM i Ch/HPAM [38, (H11)] przy zastosowaniu kryterium Garcia et al. [40].

Ch III/PAM			
w_{Ch}	b_m^{exp} [dL/g] ²	b_m^{id} [dL/g] ²	Δb_m
0.2	14.3±1.36	10.4±1.40	3.9
0.5	11.3±0.82	5.0±0.55	6.3
0.8	8.7±0.41	3.4±0.10	5.3
Ch II/PAM			
0.2	22.6±1.46	11.6±1.42	11.0
0.5	32.2±1.62	13.0±0.56	19.2
0.8	37.7±1.84	23.6±0.12	14.1
Ch III/HPAM(1,5)			
0.2	13.0±1.06	10.4±1.40	2.6
0.5	9.56±0.72	5.08±0.55	4.5
0.8	6.84±0.34	3.38±0.10	3.5
Ch II/HPAM(1,5)			
0.2	23.8±1.46	11.7±0.84	12.1
0.5	33.2±1.62	13.0±0.96	20.2
0.8	35.1±1.84	23.6±1.12	15.5

w_{Ch} – ułamek wagowy Ch.

W przypadku mieszanin chitozanu z kwasem hialuronowym mieszalność składników związana jest z rodzajem oddziaływań międzycząsteczkowych występujących w mieszaninie.

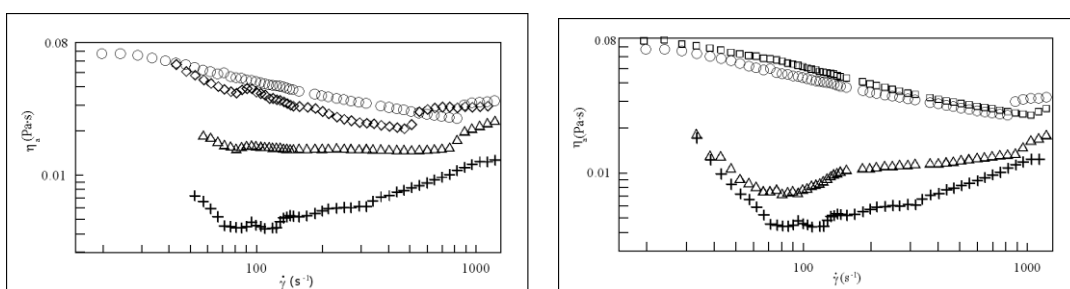
Tabela 8 Porównanie wartości eksperymentalnych i idealnych parametrów oddziaływania b_m dla mieszanin Ch/HA [37, (H13)] przy zastosowaniu kryterium Garcia et al. [40].

Ch III/HA rozpuszczalnik HA: 0,5mol/dm ³ NaCl			
w_{Ch}	b_m^{exp} [dL/g] ²	b_m^{id} [dL/g] ²	Δb_m
0.5	5.8±0.82	4.1±0.58	1.7
0.8	5.3±0.80	4.0±0.52	1.3
Ch III/HA rozpuszczalnik HA: 0,1mol/dm ³ HCl			
0.2	16.6±2.32	20.6±2.82	-4.0
0.5	18.0±2.43	10.1±1.54	7.9
0.8	9.7±1.22	6.8±0.87	2.9

w_{Ch} – ułamek wagowy Ch,

układy niemieszalne zostały oznaczone kolorem czerwonym.

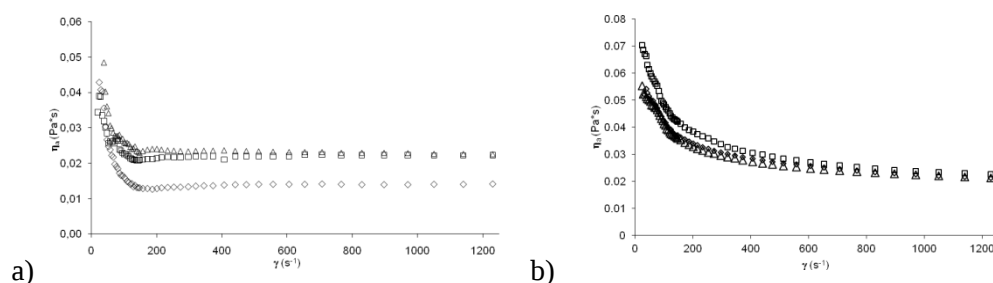
Oba polimery należą do polielektrolitów, przy czym chitozan jest polikationem, a kwas hialuronowy polianionem i w związku z tym w roztworze o małej sile jonowej (gdy HA jest rozpuszczony w wodzie lub CH₃COOH) następuje wytrącenie składników polimerowych, na skutek silnych oddziaływań elektrostatycznych. Dlatego też w przypadku tych układów zastosowano jako rozpuszczalnik roztwory chlorku sodu bądź kwasu chlorowodorowego, aby wyeliminować efekt polielektrolitu i móc dokonać oceny mieszalności składników polimerowych obecnych w roztworze. Jak można zauważyć (Tabela 8) wzrost wartości Δb_m otrzymano w roztworze 0,1mol/dm³ HCl przy $w_{Ch} \geq 0.5$.



Rys.6. Zależność lepkości pozornej od szybkości ścinania dla wodnych roztworów PAM i HPAM, $T=25^{\circ}C$: **a)** ○ PAM $c=1.0\%$, ◇ HPAM(1.5) $c=0.5\%$, + HPAM(20) $c=1.5\%$, Δ HPAM(80) $c=2.0\%$, rozpuszczalnik: wodny roztwór NaCl ($c=1\%$)
b) ○ 1.0% PAM w NaCl ($c=1\%$), □ 1.0% PAM w H₂O, + 1.5% HPAM(20) w NaCl ($c=1\%$), Δ 1.5% HPAM(20) w H₂O [47, (H1)].

Poliakryloamid i częściowo hydrolizowany poliakryloamid są syntetycznymi polimerami, dobrze rozpuszczalnymi w wodzie, wykazującymi unikalne właściwości zagęszczania ścinaniem w roztworze [45,46]. HPAM należy do grupy anionowych polielektrolitów. W związku ze specyficznymi właściwościami reologicznymi tych polimerów postanowiono zbadać po raz pierwszy wpływ stopnia hydrolizy HPAM na właściwości reologiczne roztworów wodnych tego polimeru [47, (H1)]. Rysunek 6 pokazuje otrzymane krzywe lepkościowe dla prób PAM i HPAM o różnym stopniu hydrolizy, w roztworze wodnym i z dodatkiem NaCl. Jak można zauważyć, krzywe lepkościowe roztworów PAM i HPAM można podzielić na dwa obszary: pierwszy –

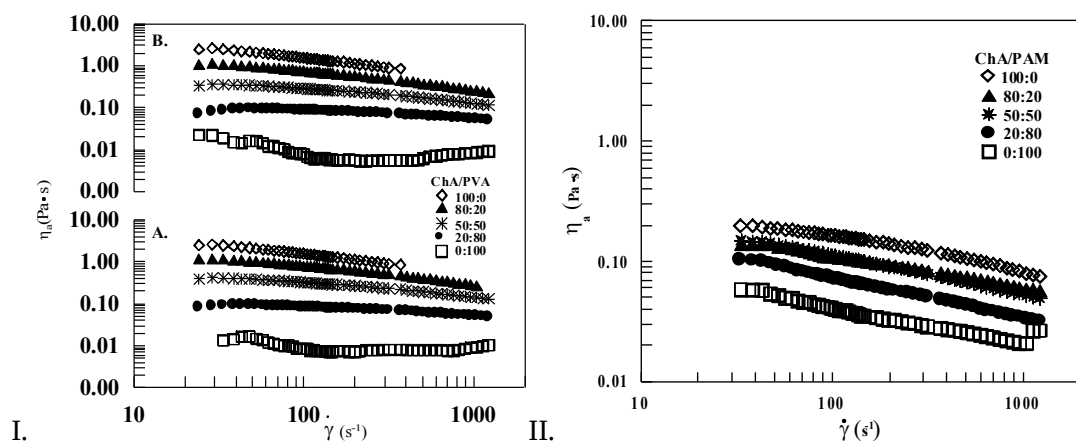
poniżej krytycznej wartości szybkości ścinania $\dot{\gamma}_c$, w którym obserwuje się efekt rozrzedzania ścinaniem i drugi – obszar powyżej $\dot{\gamma}_c$, w którym występuje efekt zagęszczania ścinaniem. Ze wzrostem stopnia hydrolizy HPAM i ze zmniejszeniem się stężenia roztworu zjawisko zagęszczania ścinaniem jest obserwowane przy niższej wartości $\dot{\gamma}_c$. W przypadku roztworu PAM, $\dot{\gamma}_c$ ma niższą wartość w roztworze NaCl aniżeli w czystej wodzie (Rys. 6b), a wartości lepkości pozornej w obu rozpuszczalnikach są porównywalne. Z kolei dla próby HPAM(20), można zaobserwować wyraźne obniżenie wartości lepkości pozornej w wodnych roztworach chlorku sodu, oraz wpływ jego obecności na przebieg krzywej lepkościowej. Zaobserwowane zmiany na krzywych lepkościowych (Rys. 6b) związane są z obecnością grup jonowych w łańcuchu polimerowym próby HPAM w czystej wodzie. Dodatek chlorku sodu powoduje wzrost siły jonowej roztworu i ekranowanie grup jonogennych, co prowadzi do zmniejszenia się oddziaływań elektrostatycznych między makrocząsteczkami i obniżenia lepkości pozornej roztworu.



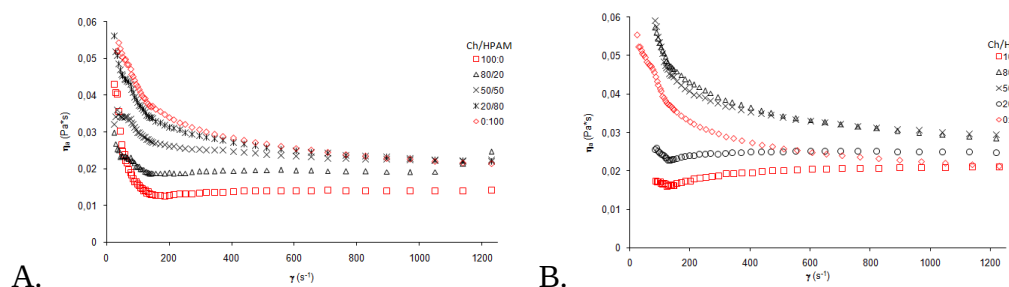
Rys. 7. Zależność lepkości pozornej od szybkości ścinania dla wodnych roztworów Ch i HPAM(1) w różnych rozpuszczalnikach, $T=25^\circ\text{C}$, a) Ch III $\square$ - 0.1 mol/dm³ CH₃COOH, $\diamond$ - 0.1 mol/dm³ CH₃COOH/0.2 mol/dm³ NaCl, Δ - 0.1 mol/dm³ CH₃CH(OH)COOH, b) HPAM(1) $\square$ - woda, $\diamond$ - 0.1 mol/dm³ CH₃COOH/0.2 mol/dm³ NaCl, Δ - 0.1 mol/dm³ CH₃COOH [48].

Efekt polielektrolitu zaobserwowano także w badaniach reologicznych dla roztworu Ch III, dla którego wyznaczono krzywe lepkościowe w trzech różnych rozpuszczalnikach (Rys. 7a). Przebieg krzywej lepkościowej w kwasie octowym i mlekowym jest dokładnie taki sam, natomiast w roztworze 0.1 mol/dm³ CH₃COOH/0.2 mol/dm³ NaCl można zaobserwować obniżenie się wartości lepkości pozornej. W przypadku roztworu HPAM(1) wpływ zastosowanych rozpuszczalników na przebieg krzywych lepkościowych jest niewielki.

Rysunki 8-10 przedstawiają przykładowe krzywe lepkościowe dla mieszanin ChII/PAW, Ch II/PAM, Ch III/HPAM(1), MCCh/HPAM(1). W przypadku mieszanin Ch/PAW i Ch/PAM (Rys. 8), przebieg krzywych lepkościowych świadczy o pseudoplastycznym zachowaniu (efekt rozrzedzania ścinaniem) tych roztworów, przy czym krzywe lepkościowe mieszanin są zawarte pomiędzy krzywymi wyjściowych polimerów. Ocena mieszalności tych układów, wykonana na podstawie logarytmicznej reguły addytywności lepkości pozornej w zależności od składu wagowego mieszaniny, wykazała odchylenia dodatnie dla mieszanin Ch/PAW oraz liniową zmianę, zgodną z regułą addytywności dla układów Ch II/PAM [49].

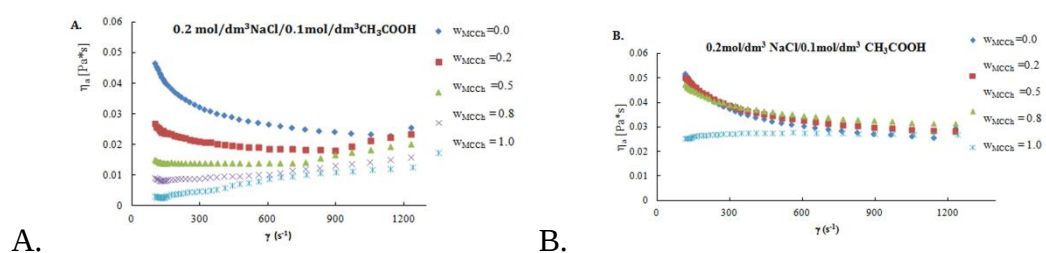


Rys. 8. Zależność lepkości pozornej od szybkości ścinania dla wodnych roztworów mieszanin I. A – Ch II/PAW(99), B – Ch II/PAW(88), II. Ch II/PAM, $T=25^\circ\text{C}$ [49].



Rys. 9. Zależność lepkości pozornej od szybkości ścinania dla wodnych roztworów mieszanin Ch III/HPAM(1) w roztworze: A – 0.1 mol/dm³ CH₃COOH/0.2 mol/dm³ NaCl, B – 0.1 mol/dm³ CH₃COOH, $T=25^\circ\text{C}$ [48].

W przypadku mieszanin Ch III/HPAM(1) i MCCh/HPAM(1) (Rys. 9-10), na krzywych lepkościowych można zaobserwować nienewtonowskie zachowanie z obszarami rozrzedzania i zagęszczania ścinaniem, oraz istotny wpływ rodzaju rozpuszczalnika na lepkość pozorną mieszanin Ch III/HPAM(1).



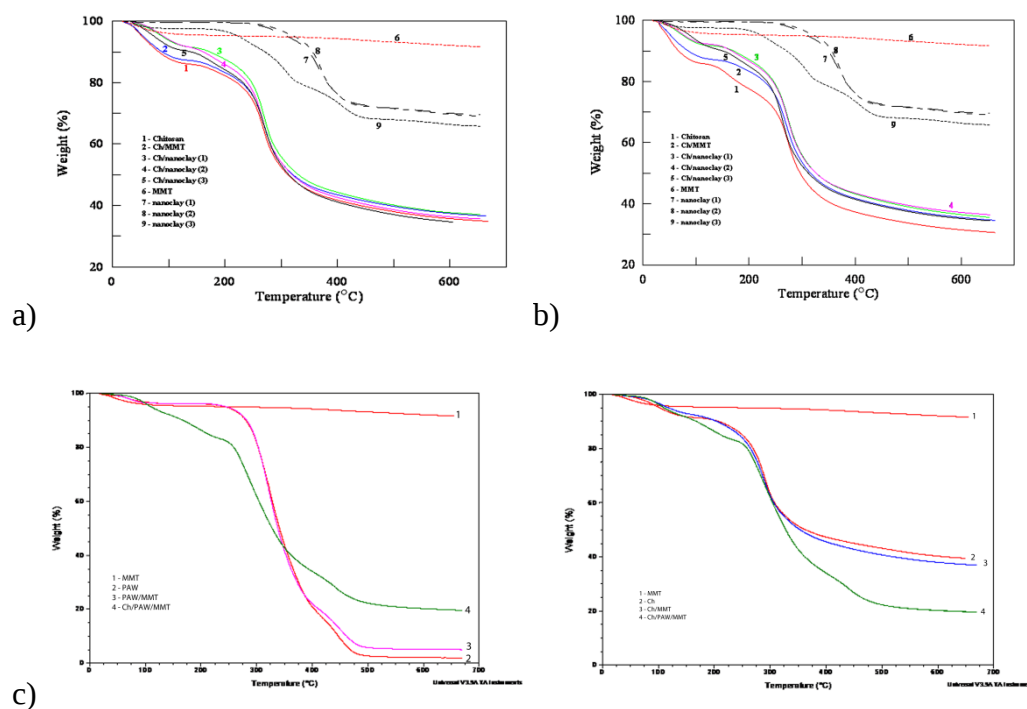
Rys. 10. Zależność lepkości pozornej od szybkości ścinania dla wodnych roztworów mieszanin A. MCCh I/HPAM(1) B – MCCh II/HPAM(1), $T=25^\circ\text{C}$ [35, (H10)].

Ponadto, dla badanych mieszanin: Ch III/HPAM(1) w 0.1 mol/dm³ CH₃COOH (Rys. 9B) i w 0.1 mol/dm³ CH₃COOH/0.2 mol/dm³ NaCl przy $w_{\text{Ch}} \geq 0.5$ (Rys. 9A) oraz MCCh/HPAM(1) przy $w_{\text{MCCh}} \leq 0.5$ (Rys. 10A), wartości lepkości pozornej na krzywych lepkościowych są większe niż dla wyjściowych polimerów. Również na wykresach logarytmicznych lepkości pozornej w funkcji ułamka wagowego chitozanu lub MCCh

zaobserwowano dodatnie odchylenia od reguły addytywności, zwłaszcza dla mieszanin Ch III/HPAM(1) [35,48 (**H10**)]. Takie zachowanie świadczy o występowaniu w badanych układach silnych oddziaływań elektrostatycznych pomiędzy chitozaniem – który jest polikationem, a polianionowym poliakryloamidem. Niski stopień hydrolizy HPAM(1) powoduje, że nie następuje wytrącenie składników polimerowych z roztworu, a tylko wyraźny wzrost lepkości pozornej.

C. Kompozyty polimerowe

Kompozyty polimerowe są klasą materiałów o dobrych właściwościach fizykochemicznych, które zależą od oddziaływań międzyfazowych. Zwykle struktura i właściwości fizykochemiczne powiązane są z jakością składników kompozytu i metodą jego otrzymywania. Na ogół dodatek różnego typu gliniek poprawia właściwości termiczne i mechaniczne otrzymanego kompozytu. Rysunek 11 przedstawia krzywe termograwimetryczne kompozytów chitozanu z różnego typu nanododatkami, otrzymanych z roztworów chitozanu o stężeniu 2% (Rys. 11a) i 1% (Rys. 11b), oraz w układach trójskładnikowych Ch/PAW/MMT (Rys. 11c).



Rys. 11. Krzywa TGA dla prób chitozanu, PAW oraz ich kompozytów: a) Ch II/glinki, błony otrzymane z roztworów 2%, b) Ch II/glinki, błony otrzymane z roztworów 1%, c) Ch III/MMT, PAW(99)/MMT i Ch III/MMT/PAW(99), błony otrzymane z roztworów 1%, [50,51, (**H5**, **H12**)].

Na podstawie otrzymanych krzywych TGA można zauważyć, że dodatek do chitozanu MMT lub modyfikowanych gliniek powoduje poprawę stabilności termicznej oraz mniejszy ubytek masy (Rys. 11 a-b), przy czym większy wzrost stabilności termicznej obserwuje się w przypadku filmów otrzymanych z 1% roztworów. Z kolei dla kompozytów PAW(99)/MMT i Ch/PAW(99)/MMT nie zaobserwowano poprawy stabilności termicznej (Rys. 11c), mimo że taka poprawa występowała dla układów Ch/PAW(99) i Ch/MMT, więc

można by jej oczekiwać również dla układu Ch/PAW(99)/MMT. Ponadto, na krzywej termicznej pojawia się nowy pik przy ok. 198°C, który może wskazywać na wzrost niejednorodności w układzie trójskładnikowym, w porównaniu do układu dwuskładnikowego.

Tabela 9 Parametry chropowatości (R_q) filmów Ch, PAW, PWP i ich kompozytów [50, 52, 53, (H5, H7)].

Próbka c (wt.%)	R_q (nm)
Ch II 1%	2.10
Ch II 1%/MMT	1.85
Ch II 1%/nanoclay (1)	1.15
Ch II 1%/nanoclay (2)	1.17
Ch II 1%/nanoclay (3)	1.27
Ch II 2%	1.43
Ch II 2%/MMT	1.50
Ch II 2%/nanoclay (1)	1.25
Ch II 2%/nanoclay (2)	3.29
Ch II 2%/nanoclay (3)	2.32
Ch III 1%	1.02
PAW(99) 1%	0.68
PWP 1%	3.55
Ch III/MMT	3.49
PAW(99)/MMT	3.96
PWP/MMT	0.57
Ch III/PAW(99)/MMT	5.14
Ch III/PWP/MMT	3.07

W Tabeli 9 zestawiono wartości parametrów chropowatości, otrzymane w badaniach mikroskopowych AFM dla kompozytów dwuskładnikowych chitozanu, PAW(99) i PWP oraz trójskładnikowych: Ch/PAW(99)/MMT i Ch/PWP/MMT. Jak wynika z danych zawartych w Tabeli 9, chropowatość powierzchni jest mniejsza w kompozytach dwuskładnikowych chitozanu z PWP, otrzymanych z 1% roztworów, w porównaniu do wyjściowych polimerów i układów trójskładnikowych, a także kompozytów dwuskładnikowych, otrzymanych z roztworów 2%. Obniżenie wartości R_q świadczy o wzroście homogeniczności powierzchni. Duże wartości parametrów chropowatości otrzymano dla kompozytów dwuskładnikowych i trójskładnikowych, zawierających PAW(99). Zaobserwowane zmiany w morfologii powierzchni są związane z oddziaływaniami pomiędzy składnikami kompozytu i rozpuszczalnikiem użytym do otrzymania dyspersji nanododatków. Wśród różnych typów oddziaływań międzycząsteczkowych, wiązania wodorowe i oddziaływania elektrostatyczne odgrywają ważną rolę w kształtowaniu struktury i właściwości kompozytów polimerowych. Jak pokazano w pracach [50,51,53, (H5, H12)], konkurencyjne oddziaływania (przyciągające lub odpychające) zależą od składu roztworu i typu rozpuszczalnika użytego do przygotowania dyspersji nanododatku, oraz od stężenia roztworu polimeru. Wymienione czynniki mogą wpływać na zmniejszenie jednorodności powierzchni kompozytu oraz pogorszenie jej właściwości mechanicznych. Tabela 10 zawiera charakterystykę właściwości mechanicznych wyjściowych polimerów (Ch, PAW(99)) oraz kompozytów dwu- i trójskładnikowych. Otrzymane wartości wytrzymałości na rozerwanie oraz modułu Younga wskazują na wyraźną poprawę właściwości mechanicznych kompozytów

dwuskładnikowych chitozanu, przede wszystkim z modyfikowanymi glinkami i dla roztworów 2%, w porównaniu do kompozytu Ch/MMT.

Tabela 10 Właściwości mechaniczne filmów Ch i PAW oraz ich kompozytów [50, 51, (H5, H12)].

Próbka c (wt.%)	Wytrzymałość na rozerwanie (MPa)	Moduł Younga (GPa)	Wydłużenie przy zerwaniu (%)
Ch II 1%	54.9±2.5	1.4±0.3	3.0±0.3
Ch II 1%/MMT	81.0±2.4	2.1±0.6	3.2±0.5
Ch II 1%/nanoclay (1)	123±3.4	2.7±0.6	3.0±1.2
Ch II 1%/nanoclay (2)	63.8±5.6	2.6±0.6	2.9±0.9
Ch II 1%/nanoclay (3)	100±26	3.4±0.3	2.0±0.7
Ch II 2%	73.3±3.5	2.2±0.5	3.3±0.2
Ch II 2%/MMT	67.3±3.8	2.4±0.8	2.9±0.3
Ch II 2%/nanoclay (1)	119±2.7	1.3±0.6	4.5±0.3
Ch II 2%/nanoclay (2)	117±10	4.1±0.4	3.6±0.3
Ch II 2%/nanoclay (3)	118±5.0	4.1±1.0	3.6±0.4
Ch III 1%	73.4±1.9	0.7±0.1	4.0±0.2
PAW(99) 1%	82.5±2.1	3.9±0.3	3.0±0.2
Ch III/MMT1%	94.3±4.1	3.5±0.4	2.7±0.2
PAW(99)/MMT1%	48.2±3.5	2.6±0.2	1.9±0.2
Ch III/PAW(99)/MMT1%	27.6±0.9	2.4±0.2	1.0±0.1

c – stężenie roztworu, z którego otrzymano błonę.

W przypadku kompozytu Ch/nanoglinka (1), wartości wytrzymałości na rozerwanie są praktycznie stałe i niezależne od stężenia roztworu chitozanu. Na podstawie otrzymanych wyników można wyciągnąć wniosek, że mieszanie chitozanu z nanoglinkami jest efektywną metodą poprawy właściwości mechanicznych chitozanu. Dla kompozytów dwuskładnikowych i trójskładnikowych z udziałem PAW(99) zaobserwowano pogorszenie ich właściwości mechanicznych. W tym przypadku obniżenie wartości wytrzymałości na rozciąganie może być związane z niecałkowitym zdyspergowaniem MMT lub wystąpieniem częściowej aglomeracji, co zmniejsza wzmacniający efekt MMT. Obserwowane zmiany wartości wytrzymałości na rozciąganie są zgodne z wynikami mikroskopii AFM i SEM (Tabel 9), [51, (H12)]. Wszystkie badane folie kompozytowe wykazywały także wyższe wartości modułu Younga w stosunku do filmu chitozanu bez domieszek. Moduły Younga filmów kompozytowych na ogół zwiększają się po zmieszaniu z MMT, glinkami i PVA. Wzrost wartości modułu Younga jest związany z kruchością filmów kompozytowych. Wbudowanie nanododatku do filmu kompozytu powoduje jego wzmocnienie, co prowadzi do poprawy wartości modułu Younga. Zwiększenie wartości modułu dla folii kompozytowych jest głównie wynikiem oddziaływania między matrycą polimerową a warstwami krzemianu, poprzez tworzenie wiązań wodorowych.

IV. Podsumowanie

Tworzenie mieszanin i kompozytów jest powszechnie uznaną i stosowaną metodą modyfikacji właściwości fizykochemicznych polimerów, w tym chitozanu. W związku z tym celem wiodącym przedstawionych w niniejszej rozprawie badań było otrzymanie układów

dwu- bądź trójskładnikowych o lepszych właściwościach fizykochemicznych, mogących znaleźć zastosowanie w medycynie, farmacji czy kosmetyce. W trakcie badań przeprowadzonych przeze mnie w kierunku habilitacji, dokonałam oceny mieszalności i charakterystyki właściwości fizykochemicznych 14-tu mieszanin chitozanu z polimerami syntetycznymi {poli(alkoholem winylowym), poliakryloamidem i częściowo hydrolizowanym poliakryloamidem} lub polimerami naturalnymi (fibroina jedwabiu, kwas hialuronowy i kolagen), w zależności od:

- ✓ ciężaru cząsteczkowego chitozanu,
- ✓ stopnia hydrolizy PAW i HPAM,
- ✓ termodynamicznej dobroci rozpuszczalnika,
- ✓ stężenia roztworów,
- ✓ składu wagowego mieszaniny,
- ✓ temperatury.

Należy zaznaczyć, iż zarówno chitozan, kwas hialuronowy oraz częściowo hydrolizowany poliakryloamid należą do polielektrolitów. Zatem, w układach w których występują razem, obserwuje się oddziaływania elektrostatyczne wpływające w znaczący sposób na konformację makrocząstek, a w rezultacie również na właściwości fizykochemiczne badanych mieszanin.

Najważniejsze osiągnięcia moich badań w stanie stałym i w roztworze to:

- ✓ mieszalność chitozanu z poli(alkoholem winylowym) zależy od ciężaru cząsteczkowego chitozanu, stopnia hydrolizy poli(alkoholu winylowego), rozpuszczalnika - w którym przygotowano składniki mieszaniny (zmienna wartość siły jonowej) oraz od składu wagowego chitozanu mieszaniny. Na podstawie wyników badań w stanie stałym można wnioskować o częściowej mieszalności chitozanu o względnie małej wartości ciężaru cząsteczkowego ($\bar{M}_v = 4.7 \times 10^5$) z poli(alkoholem winylowym) o względnie niskiej wartości stopnia hydrolizy (SH=88%), dla $w_{Ch} \geq 0.5$, z roztworów kwasu octowego. Wzrost siły jonowej roztworu umożliwia uzyskanie bardziej jednorodnych mieszanin dla prób chitozanu o wyższej wartości ciężaru cząsteczkowego, niezależnie od stopnia hydrolizy poli(alkoholu winylowego).
- ✓ układ mikrokystaliczny chitozan z poli(alkoholem winylowym) wykazuje mniejszą jednorodność niż chitozan z poli(alkoholem winylowym), na co wskazują zarówno badania w stanie stałym jak i w roztworze.
- ✓ mieszalność i właściwości fizykochemiczne układów zawierających polielektrolity tj.: Ch/HPAM, MCCCh/HPAM i Ch/HA są ściśle powiązane z siłą jonową roztworu, w którym otrzymuje się mieszaniny. Tylko w roztworach o względnie dużej sile jonowej otrzymuje się układy stabilne, mieszalne, a właściwości mieszanin wykazują efekt synergetyczny.

Przeprowadzone badania dwuskładnikowych i trójskładnikowych kompozytów chitozanu pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- ✓ dodatek nanoglinek modyfikowanych związkami organicznymi daje zdecydowanie większą poprawę właściwości mechanicznych i termicznych chitozanu, w porównaniu z kompozytami chitozanu z montmorylonitem.
- ✓ na właściwości powierzchniowe, termiczne i mechaniczne ma wpływ stężenie roztworu polimeru oraz rodzaj rozpuszczalnika zastosowany do zdyspergowania

MMT. Największą mieszalność składników, która gwarantuje wyraźną poprawę właściwości fizycznych kompozytów uzyskano dla 1% roztworów, gdy MMT był zdyspergowany w wodzie.

- ✓ zastosowanie PAW(99) w kompozytach trójskładnikowych powoduje pogorszenie właściwości fizycznych w porównaniu z układami dwuskładnikowymi.

W przeprowadzonych przeze mnie badaniach, nowość naukową stanowi ocena mieszalności następujących układów:

- ✓ chitozanu o różnym ciężarze cząsteczkowym ($\overline{M}_v$: 4.7×10^5 – 1.4×10^6) z poli(alkoholem winylowym) o różnym stopniu hydrolizy (88-99%),
- ✓ mikrokryształicznego chitozanu z poli(alkoholem winylowym) o różnym stopniu hydrolizy (88-99%),
- ✓ chitozanu z poliakryloamidem o różnym stopniu hydrolizy (0-1,5%),
- ✓ chitozanu z fibroiną jedwabiu,
oraz
- ✓ chitozanu z kwasem hialuronowym w roztworach o różnej sile jonowej.

Ponadto, po raz pierwszy zbadano wpływ stopnia hydrolizy poliakryloamidu na właściwości reologiczne roztworów PAM (w zakresie SH: 0-80%).

W przypadku kompozytów dwu- i trójskładnikowych wykazano wpływ stężenia roztworu, sposobu modyfikacji montmorylonitu oraz rodzaju rozpuszczalnika stosowanego do zdyspergowania MMT na właściwości kompozytów.

W dalszej swojej pracy planuję wykorzystać ciecze jonowe do otrzymywania mieszanin i kompozytów polimerowych z udziałem chityny i chitozanu. Jak wiadomo, chityna z powodu nierozpuszczalności w większości rozpuszczalników organicznych i nieorganicznych ma ograniczone zastosowanie. Ciecze jonowe, ze względu na swoje właściwości nazywane *zielonymi rozpuszczalnikami* mogą ułatwić otrzymanie nowych materiałów, właśnie na bazie chityny, atrakcyjnych dla różnych gałęzi przemysłu tj. medycyna, kosmetyka czy farmacja.

V. Literatura

- [1] L.A. Utracki, B.D. Favis, in: P. Nicholas, Cheremisinoff (Eds.), Handbook of Polymer Science and Technology, vol. 4, Composites and Speciality Applications, Marcel Dekker Inc., NY, 1989.
- [2] S. M. da Silva Neiro, D.C. Dragunski, A.F. Rubira, E.C. Muniz, Eur. Polym. J. 36 (2000) 583-589.
- [3] Y. He, B. Zhu, Y. Inoue, Prog. Polym. Sci. 29 (2004) 1021-1051.
- [4] C. Castro, L. Gargallo, A. Leiva, D. Radić, J. Appl. Polym. Sci. 97 (2005) 1953-1960.
- [5] A.Z. Aroguz, B.M. Baysal, Eur. Polym. J. 42 (2006) 311-315.
- [6] S.M. Pawde, K. Deshmukh, S. Parab, J. Appl. Polym. Sci. 109 (2008) 1328-1337.
- [7] C. Venkata Prasad, H. Sudhakar, B. Yerri Swamy, G. Venkata Reddy, C.L.N. Reddy, C. Suryanarayana, M.N. Prabhakar, M.C.S. Subha, K. Chowdoji Rao, J. Appl. Polym. Sci. 120 (2011) 2271-2281.
- [8] A. Sionkowska, Prog. Polym. Sci. 36 (2011) 1254-1276.
- [9] L. Yu, K. Dean, L. Li, Prog. Polym. Sci. 31 (2006) 576-602.

- [10] K.S. Katti, D.R. Katti, R. Dash, *Biomed. Mater.* 3 (2008) 1-12.
- [11] A. Casariego, B.W.S. Souza, M.A. Cerqueira, J.A. Teixeira, L. Cruz, R. Díaz, A.A. Vicente, *Food Hydrocoll.* 23 (2009) 1895-1902.
- [12] M. Lavorgna, F. Piscitelli, P. Mangiacapra, G.G. Buonocore, *Carbohydr. Polym.* 82 (2010) 291-298.
- [13] S. Tunç, O. Duman, *Appl. Clay Sci.* 48 (2010) 414-424.
- [14] X. Li, K.H. Nan, S. Shi, H. Chen, *Int. J. Biol. Macromol.* 50 (2012) 43-49.
- [15] A. Dondos, V. Christopoulou, D. Papanagopoulos, *J Polym Sci, Part B: Polym. Phys.* 37 (1999), 379-387.
- [16] A. Dondos, V. Christopoulou, D. Papanagopoulos, *Polym. Int.* 49 (2000) 1365-1370.
- [17] K. Lewandowska, *Eur. Polym. J.* 41 (2005) 55-64.
- [18] K. Lewandowska, *Thermochim. Acta* 517 (2011) 90-97.
- [19] K. Lewandowska, D.U. Staszewska, M. Bohdanecký *Eur. Polym. J.* 37 (2001) 25-32.
- [20] M. Miya, R. Iwamoto, S. Mirma, *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.* 22 (1984) 1149-1151.
- [21] M. Mucha, *React. Funct. Polym.* 38 (1998) 19-25.
- [22] A. Pawlak, M. Mucha, *Thermochim. Acta*, 396 (2003) 153-166.
- [23] M. Mucha, A. Pawlak, *Thermochim. Acta*, 427 (2005) 69-76.
- [24] W.-Y. Chuang, T.-H. Young, Ch.-H. Yao, W.-Y. Chiu, *Biomaterials* 20 (1999) 1479-1487.
- [25] H.S. Blair, J. Guthrie, T.-K. Law, P. Turkington, *J. Appl. Polym. Sci.* 33 (1987) 641-656.
- [26] S.Y. Park, S.T. Jun, K.S. Marsh, *Food Hydrocolloids* 15 (2001) 499-502.
- [27] P.C. Srinivasa, M.N. Ramesh, K.R. Kumar, R.N. Tharanathan, *Carbohydr. Polym.* 53 (2003) 431-438.
- [28] K. Lewandowska, *Thermochim. Acta* 493 (2009) 42-48 – [H2].
- [29] K. Lewandowska, *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, Polish Chitin Society, Monograph volume XII, Łódź, 2007, 65-70.
- [30] K. Lewandowska, *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, Polish Chitin Society, volume XV, Lodz, 2010, 11-16.
- [31] S.K. Mallapragada, N.A. Peppas, *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. Ed.* 34 (1996) 1339-1346.
- [32] A. Sionkowska, K. Lewandowska, A. Planecka, *J. Mol. Liq.* 198 (2014) 354-357 – [H8].
- [33] K. Lewandowska, *Appl. Surf. Sci.* 263 (2012) 115-123 - [H3].
- [34] K. Lewandowska, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 590 (2014) 186-192 – [H6].
- [35] K. Lewandowska, *Int. J. Biol. Macromol.* 79 (2015) 583-586 - [H10].
- [36] K. Lewandowska, *Progress in Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, Polish Chitin Society, volume XIX, Lodz, 2014, 65-71.
- [37] K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, *J. Mol. Liq.* 212 (2015) 879-884 – [H13].
- [38] K. Lewandowska, *J. Mol. Liq.* 209 (2015) 301-305 - [H11].

- [39] K. Lewandowska, J. Solution Chem. 42 (2013) 1654-1662 - [H4].
- [40] R. Garcia, O. Melad, C.M. Gómez, J.E. Figueruelo, A. Campos, Eur. Polym. J. 35 (1999) 47-55.
- [41] W.R. Krigbaum, F.T. Wall, J. Polym. Sci. 5 (1950) 505-514.
- [42] K. Lewandowska, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVI, Lodz, 2011, 43-47.
- [43] K. Lewandowska, A. Sionkowska, K. Krasinska, Progress in Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIX, Lodz, 2014, 73-78.
- [44] K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XX, Lodz, 2015, 170-176.
- [45] A. Ait-Kadi, P.J. Carreau, G. Chauveteau, J. Rheol. 31 (1987) 537-561.
- [46] B. Briscoe, P. Luckham, S. Zhu, Rheol. Acta 38 (1999) 224-234.
- [47] K. Lewandowska, J. App. Polym. Sci. 103 (2007) 2235-2241 - [H1].
- [48] K. Lewandowska, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVII, Lodz, 2012, 53-58.
- [49] K. Lewandowska, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIV, Lodz, 2009, 41-48.
- [50] K. Lewandowska, A. Sionkowska, B. Kaczmarek, G. Furtos, Int. J. Biol. Macromol. 65 (2014) 534-541 - [H5].
- [51] K. Lewandowska, Int. J. Biol. Macromol. 81 (2015) 159-164 - [H12].
- [52] K. Lewandowska, A. Sionkowska, B. Kaczmarek, G. Furtos, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 590 (2014) 193-198 - [H7].
- [53] K. Lewandowska, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XX, Lodz, 2015, 162-169.

5. Wykaz innych publikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowo – badawczych

5.1 Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

[przed uzyskaniem stopnia doktora](#)

1. K. Lewandowska, D.U. Staszewska*, M. Bohdanecký, *The Huggins viscosity coefficient of aqueous solution of poly(vinyl alcohol)*, Eur Polym J, 2001, **37**, 25–32.

IF₂₀₀₁=**0.779**, liczba cytowań: 44

Wkład w autorstwo 30%: przygotowanie materiałów do badań, wykonanie oznaczeń i opracowanie wyników

[po uzyskaniu stopnia doktora](#)

2. K. Lewandowska*, *The miscibility of poly(vinyl alcohol)/poly(N-vinylpyrrolidone) blends investigated in dilute solutions and solids*, Eur Polym J, 2005, **41**, 55–64.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₀₅=**1.765**, liczba cytowań: 50

3. K. Lewandowska*, *Miscibility and interactions in chitosan acetate/poly(N-vinylpyrrolidone) blends*, Thermochemica Acta, 2011, **517**, 90-97.

Wkład w autorstwo 100%

IF₂₀₁₁=**1.805**, liczba cytowań: 15

4. K. Lewandowska, A. Dąbrowska, H. Kaczmarek*, *Rheological properties of pectin, poly(vinyl alcohol) and their blends in aqueous solutions*, e-Polymers, 2012, no. 015, 1-13.

IF₂₀₁₂=**0.400**, liczba cytowań: 0

Wkład w autorstwo 40%: analiza i opracowanie wyników, wykonanie obliczeń związanych z wyznaczeniem parametrów reologicznych oraz energii aktywacji lepkiego płynięcia, graficzne przedstawienie wyników w tekście, współredakcja tekstu.

5. A. Sionkowska*, B. Kaczmarek, K. Lewandowska, *Modification of collagen and chitosan mixtures by the addition of tannic acid*, J Mol Liq 2014, **199**, 318-323.

IF₂₀₁₄=**2.515**, liczba cytowań: 7

Wkład w autorstwo 10%: wykonanie oznaczenia średniego ciężaru cząsteczkowego i stopnia deacetylacji chitozanu.

- 6 A. Sionkowska*, K. Lewandowska, M. Michalska, M. Walczak, *Characterization of silk fibroin 3D composites modified by collagen*, J Mol Liq 2016, **215**, 323-327.

IF₂₀₁₅=**2.515**, liczba cytowań: 0

Wkład w autorstwo 10%: analiza i opracowania wyników wiskozymetrycznych, graficzne przedstawienie danych wiskozymetrycznych w tekście, przygotowanie fragment manuskryptu i współredakcja tekstu.

5.2 Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

przed uzyskaniem stopnia doktora

1. K. Lewandowska, T. Trzciński, D.U. Staszewska*, *Blends of hydrophilic high molecular weight compounds. Part I: Rheological properties of chitosan–poly(N–vinylpyrrolidone) solution blends*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, Monograph, Vol.IV, Ed. H. Struszczyk, Łódź, Poland, 1998, 17–35.

Wkład w autorstwo 40% wykonanie pomiarów, analiza, opracowanie i dyskusja wyników.

2. T. Trzciński, K. Lewandowska, D.U. Staszewska*, *Blends of hydrophilic high molecular weight compounds. Part II: Hydrodynamic properties of dilute chitosan–poly(N–vinylpyrrolidone) solution blends*. Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, Monograph, Vol.IV, Ed. H. Struszczyk, Łódź, Poland, 1998, 37–43.

Wkład w autorstwo 10% analiza i opracowanie część wyników.

3. K. Lewandowska, D.U. Staszewska*, M. Bohdanecký, *Blends of hydrophilic high molecular weight compounds. Part III: Thermal properties of chitosan acetate–poly(N–vinylpyrrolidone) blends*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, Monograph, Vol.VI, Ed. H. Struszczyk, Łódź, Poland, 2000 63–71.

Wkład w autorstwo 45% wykonanie pomiarów DMTA, analiza i opracowanie wyników, graficzne przedstawienie wyników w tekście, współredakcja tekstu

4. K. Lewandowska, D.U. Staszewska*, A. Podgórski, *Właściwości reologiczne roztworów poliakryloamidu, poli(N–winylopirolidonu) oraz ich mieszanin*, Modyfikacja Polimerów, Prace Naukowe Instytutu Technologii Organicznej i Tworzyw Sztucznych Politechniki Wrocławskiej Nr 50, Seria: Konferencje Nr 23, Wrocław 2001, 396–399.

MNiSzW=1

Wkład w autorstwo 40% analiza i opracowanie wyników, graficzne przedstawienie wyników w tekście, współredakcja tekstu.

po uzyskaniu stopnia doktora

5. K. Lewandowska*, D.U. Staszewska, *Właściwości hydrodynamiczne hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Kryteria mieszalności*, Modyfikacja Polimerów, Praca zbiorowa pod redakcją D. Żuchowskiej i R. Steller, Wrocław 2005, 518–521.

MNiSzW=6,

Wkład w autorstwo 75% analiza i opracowanie wyników, graficzne przedstawienie wyników w tekście, przygotowanie manuskryptu, współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

6. K. Lewandowska^{*}, *Badania termiczne i spektroskopowe mieszanin octanu chitozanu z polimerami winylowymi*, Czasopismo techniczne Mechanika, Kraków 2006, zeszyt 6, 323-327.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=4,

7. K. Lewandowska^{*}, *Właściwości reologiczne roztworów octanu chitozanu, poli(alkoholu winylowego) oraz ich mieszanin*. Modyfikacja Polimerów, Stan i perspektywy w roku 2007, Praca zbiorowa pod redakcją D. Żuchowskiej i R. Stellera, Wrocław 2007, 490–495.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=6,

8. K. Lewandowska^{*}, *Thermal study of chitosan blends with vinyl polymers*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, Monograph volume XII, Łódź, 2007, 65-70.

Wkład w autorstwo 100%

9. K. Lewandowska^{*}, *Rheological properties of chitosan acetate blends with vinyl polymers*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIV, Lodz, 2009, 41-48.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=4,

10. K. Lewandowska^{*}, *Właściwości termiczne i reologiczne mieszanin soli sodowej karboksymetylocelulozy z polimerami winylowymi*, Modyfikacja Polimerów, Stan i perspektywy w roku 2009, Praca zbiorowa pod redakcją D. Żuchowskiej i R. Stellera, Wrocław 2009, 461–465.

Wkład w autorstwo 100%

11. K. Lewandowska^{*}, *Thermal and atomic force microscopy (AFM) studies of microcrystalline chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XV, Lodz, 2010, 11-16.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=6,

12. K. Lewandowska^{*}, *Viscometric studies of microcrystalline chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVI, Lodz, 2011, 43-47.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=6,

13. K. Lewandowska^{*}, *Badania spektroskopowe (FTIR) i mikroskopowe (AFM) mieszanin mikrokryształicznego chitozanu z poli(alkoholem winylowym) (PVA)*, Modyfikacja Polimerów, Stan i perspektywy w roku 2011, praca zbiorowa pod redakcją Ryszarda Stellera, Wrocław 2011, 523-528.

Wkład w autorstwo 100%

14. K. Lewandowska^{*}, *Rheological properties of chitosan blends with partially hydrolyzed polyacrylamide in different solvents*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVII, Lodz, 2012, 53-58.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=6,

15. A. Sionkowska^{*}, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, *Makrocząsteczki w kosmetykach*, Przemysł Kosmetyczny, nr 1 (2012) 34-35.

Wkład w autorstwo 30% współredakcja tekstu.

16. A. Sionkowska^{*}, A. Płancka, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, P. Szarszewska, *Influence of UV-irradiation on molecular weight of chitosan*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVIII, Lodz, 2013, 21-28.

MNiSzW=7, liczba cytowań: 2

Wkład w autorstwo 35%: wykonanie obliczeń związanych z pomiarami wiskozymetrycznymi, analiza i dyskusja wyników, współredakcja tekstu,

17. K. Lewandowska^{*}, *Surface properties of chitosan acetate, polyacrylamide and their mixtures*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XVIII, Lodz, 2013, 29-33.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=7,

18. A. Sionkowska^{*}, K. Lewandowska, A. Płancka, P. Szarszewska, K. Krasinska, B. Kaczmarek, J. Kozłowska, *Biopolymer blends as potential biomaterials and cosmetic materials*, Key Engineering Materials, 2014, 583: 95-100.

MNiSzW=8, liczba cytowań: 1

Wkład w autorstwo 35%: analiza, opracowanie i dyskusja wyników dla układu chitozan/poliakryloamid, współredakcja tekstu.

19. K. Lewandowska^{*}, *Miscibility and interaction in chitosan and polyacrylamide mixtures*, Progress in Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIX, Lodz, 2014, 65-71.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=7,

20. K. Lewandowska^{*}, A. Sionkowska, K. Krasinska, *Viscometric studies of chitosan/polyacrylamide mixtures*, Progress in Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIX, Lodz, 2014, 73-78.

MNiSzW=7,

Wkład w autorstwo 80%: wykonanie obliczeń związanych z pomiarami wiskozymetrycznymi, analiza i dyskusja wyników, przygotowanie tekstu, współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

21. Sionkowska*, B. Kaczmarek, K. Lewandowska, *Characterisation of chitosan after cross-linking by tannic acid*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XIX, Lodz, 2014, 135-138.

MNiSzW=7,

Wkład w autorstwo 10% wykonanie oznaczenia średniego ciężaru cząsteczkowego i stopnia deacetylacji chitozanu.

22. K. Lewandowska*, *Physico-chemical properties of chitosan composites with synthetic polymers and inorganic additives*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XX, Lodz, 2015, 162-169.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=11,

23. K. Lewandowska*, A. Sionkowska, S. Grabska, *Influence of the intermolecular interaction on physico-chemical properties of chitosan/hyaluronic acid blends*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XX, Lodz, 2015, 170-176.

MNiSzW=11,

Wkład w autorstwo 75%: wykonanie obliczeń związanych z pomiarami wiskozymetrycznymi, zbieranie danych, analiza, opracowanie i dyskusja wyników, przygotowanie tekstu, współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

24. K. Lewandowska*, *Surface properties of chitosan composites with poly(vinyl alcohol) and hydroxyapatite*, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives, Polish Chitin Society, volume XX, Lodz, 2015, 177-182.

Wkład w autorstwo 100%

MNiSzW=11,

25. K. Lewandowska*, A. Sionkowska, G. Furtos, S. Grabska, M. Michalska, *Structure and Interactions in Chitosan Composites*, Key Engineering Materials, Biomineralization: From Fundamentals to Biomaterials & Environmental Issues, 2016, 672:257-260.

Wkład w autorstwo 75%: planowanie badań, zbieranie danych, analiza i dyskusja wyników, przygotowanie tekstu, współredakcja tekstu, autor do korespondencji.

26. G. Furtos*, L. Silaghi-Dumitrescu, K. Lewandowska, A. Sionkowska and P. Pascuta, *Biocomposites for orthopedic and dental application*, Key Engineering Materials, Biomineralization: From Fundamentals to Biomaterials & Environmental Issues, 2016, 672:261-275.

Wkład w autorstwo 5% współredakcja tekstu.

Najważniejsze osiągnięcia dla dorobku poza habilitacyjnego:

- ✓ badania właściwości reologicznych mieszanin pektyny z poli(alkoholem winylowym) wykazały stabilność reologiczną badanych układów w czasie, nienewtonowski charakter przepływu dla wszystkich badanych układów oraz słabą mieszalność składników polimerowych,

- ✓ w przypadku mieszanin chitozanu z kolagenem otrzymano nowe materiały o zmienionych właściwościach fizycznych na drodze modyfikacji tych układów przez dodatek taniny (2-20%),
- ✓ badania mieszalności i właściwości termicznych mieszanin soli sodowej karboksymetylocelulozy (NaCMC) z poli(N-winylopirolidonem) lub częściowo hydrolizowanym poliakryloamidem świadczą o słabej mieszalności składników polimerowych, a poprawa stabilności termicznej występuje dla układu NaCMC/HPAM(20),
- ✓ dodatek kolagenu do kompozytów 3D fibroiny jedwabiu powoduje otrzymanie nowych materiałów atrakcyjnych do zastosowań biomedycznych. Ponadto, mieszaniny fibroiny jedwabiu z kolagenem stanowią układy mieszalne.

5.3 **Summary Impact Factor** według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania Σ **IF** (habilitacyjne) = **26.010**; Σ **IF** (pozostałe) = 9.779; Σ **IF** (całkowite) = **35.789**

5.4 Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): **197** (bez autocytowań), według bazy SCOPUS: **218** (bez autocytowań)

5.5 Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): **h = 7**

5.6 Krajowe projekty badawcze oraz udział w takich projektach

Granty zewnętrzne

Grant NCN UMO-2013/11/B/ST8/04444, grant zespołowy, główny wykonawca, (15.10.2014-15.06.2016), *Oddziaływania pomiędzy kolagenem, kwasem hialuronowym i chitozanem w roztworze i cienkich filmach prowadzące do otrzymywania nowych materiałów do zastosowań biomedycznych i kosmetycznych*, kierownik projektu prof. dr hab. Alina Sionkowska.

Granty wewnętrzne

Grant UMK, *Właściwości reologiczne mieszanin związków wielkocząsteczkowych*, wykonawca, kierownik projektu dr hab. Danuta U. Staszewska (1997),

Grant UMK, *Właściwości termiczne mieszanin chitozanu z poli(N-winylopirolidonem)*, wykonawca, kierownik projektu dr hab. Danuta U. Staszewska (2000),

Grant UMK, *Badania termiczne polisacharydów oraz ich mieszanin*, indywidualny grant, badania własne (2006),

Grant UMK, *Właściwości termiczne wybranych polisacharydów oraz ich mieszanin z polimerami winylowymi*, indywidualny grant, badania własne (2009).

5.7 Nagrody za działalność naukową

2013 komunikat ustny - wyróżnienie w konkursie na najlepszą prezentację XIX Seminarium roboczego „Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych” za „Mieszalność i oddziaływania w mieszaninach chitozanu i poliakryloamidu” Żywiec, 18-20 września 2013 r.

2013 Nagroda zespołowa JM Rektora UMK II stopnia

2014 Nagroda zespołowa JM Rektora UMK III stopnia

5.8 Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych

Wykład na zaproszenie

1. K. Lewandowska, *Chitosan blends: their properties and applications*, VII Polish - Ukrainian Conference Polymers of Special Applications, Radom-Swieta Katarzyna, 24-27 September 2012, Abstract & programme schedule, p. 89.

Komunikaty ustne

przed uzyskaniem stopnia doktora

2. K. Lewandowska, S. Trzcinski, D. U. Staszewska, *Mieszaniny hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Część I. Termiczna analiza różnicowa i właściwości reologiczne mieszanin chitozanu z poli(N-winylopirolidonem)*, IV Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Poznań, październik 1997.
3. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Właściwości reologiczne mieszanin roztworów związków wielkocząsteczkowych. Kryterium zgodności*. XLI Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego; Wrocław 14-18 września 1998, Materiały zjazdowe, ISBN 83-7085-365-X, M5K46.
4. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Badanie mieszalności hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych na podstawie pomiarów wiskozymetrycznych, reologicznych i termicznych*. XIV Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów; Kudowa 26-30 września 1999, Materiały konferencyjne ISSN 0137-1398, R-64.
5. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Mieszaniny hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Część III: Właściwości termiczne mieszanin octanu chitozanu z poli(N-winylopirolidonem)*. VI Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Poznań, 19-20 października 1999, Materiały konferencyjne, sekcja A, P6.
6. K. Lewandowska, A. Wojtczak, D. U. Staszewska, *Mieszaniny hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Część IV: Badania spektroskopowe (FTIR) i morfologiczne (WAXS) mieszanin chitozanu z poli(N-winylopirolidonem)*, IX Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Kraków, 25-27 października 2002, Materiały konferencyjne, sekcja B, P9.

po uzyskaniu stopnia doktora

7. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Mieszaniny hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Część V: Badania wiskozymetryczne mieszanin chitozanu z polimerami winylowymi*. X Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Gdynia, 25-27 września 2003, Materiały konferencyjne, sekcja C, P3.
8. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Właściwości hydrodynamiczne hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Kryteria mieszalności*. XVII Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów, Kudowa-Zdrój, 12-15 września 2005, Materiały konferencyjne, ISBN 83-7085-900-3, sekcja V: Metody badań polimerów, 518.
9. K. Lewandowska, *Właściwości termiczne mieszanin chitozanu z polimerami winylowymi*. XII Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe

aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Szczyrk, 20-22 września 2006, Materiały konferencyjne, sekcja A, P8.

10. K. Lewandowska, *Właściwości powierzchniowe chitozanu, poliakryloamidu oraz ich mieszanin*, XVIII Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Bochnia, 18-20 września 2012, Materiały konferencyjne, sekcja A, P/R4.

11. K. Lewandowska, *Mieszalność i oddziaływania w mieszaninach chitozanu i poliakryloamidu*, XIX Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Żywiec, 18-20 września 2013, Materiały konferencyjne, sekcja A, P4.

12. K. Lewandowska, *Characterization of thin chitosan/polyacrylamide blend film*, 9th International Conference on ICEPOM-9 Electronic Processes in Organic Materials, 20-24 May 2013, Lviv, Conference abstracts, Section 3: Thin film structures and their application, p. 75.

13. K. Lewandowska, *Właściwości fizykochemiczne kompozytów chitozanu z polimerami syntetycznymi i dodatkami nieorganicznymi*, XX Jubileuszowa Konferencja Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Łódź, 24-26 września 2014, Materiały konferencyjne, sekcja D, M/P4.

14. K. Lewandowska, *Właściwości termiczne i powierzchniowe kompozytów chitozanu z poli(alkoholem winylowym) i glinką*, XXI Konferencja Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Szczecin, 16-18 września 2015, Materiały konferencyjne, sekcja D, P2.

6. Informacje o dorobku dydaktycznym i popularyzatorskim oraz o współpracy międzynarodowej habilitanta

6.1 Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych

1. Program **European Cooperation in Science and Technology COST**, project **TD0906** *Biological adhesives: from biology to biomimetics* jako Management Committee Substitute prof. dr hab. Alinę Sionkowską i członek grup W1-W4, udział w dwóch konferencjach (2013, Cluj, Rumunia i 2014, Stambuł, Turcja) i prezentacja wyników (2 postery), **15.03.2013-17.05.2014**.
2. Program **European Cooperation in Science and Technology COST**, project **TD 0903**: *Understanding and manipulating enzymatic and proteomic processes in biomineralization - towards new biomimetic strategies, the creation of tailored nano-scale architectures and environmental monitoring* jako członek, w efekcie zrealizowano miesięczny staż Short Term Scientific Mission (STSM), opublikowano 4 publikacje oraz udział w jednej konferencji: 2014, *BioMineralix – final conference*, Granada, Hiszpania, **6.12.2012-16.05.2014**.
3. Program **European Cooperation in Science and Technology COST**, project **MP1301** *New Generation Biomimetic and Customized Implants for Bone Engineering* jako Management Committee Substitute prof. dr hab. Alinę Sionkowską

i członek grup W1 i W2, udział w pierwszej inauguracyjnej konferencji, 2014, Turyn Włochy, opieka naukowa nad doktorantem odbywającym staż STSM w Katedrze Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, Wydział Chemii, UMK, Toruń, **27.01.2014-1.10.2017.**

6.2 Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji

przed uzyskaniem stopnia doktora

współautorstwo komunikatów

1. S. Trzciniński, K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Mieszaniny hydrofilowych związków wielkocząsteczkowych. Część II: Właściwości hydrodynamiczne chitozanu z poli(N-winylopirolidonem)*, IV Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Poznań, październik 1997.

Postery prezentowane osobiście

1. K. Lewandowska, D. U. Staszewska, *Właściwości reologiczne roztworów polimerów. Część I. Polimery niejonowe: Poli(alkohol winylowy) (PAW), poliwinylpirolidon (PWP) oraz ich mieszaniny*, Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego; Poznań, 23.09-26.09.1996, program, S-14, H-40.

2. K. Lewandowska, D.U. Staszewska, M. Bohdanecký, *Miscibility of hydrophilic high molecular weight compounds*, 38th Macromolecular IUPAC Symposium, Warszawa, 9-14 lipiec 2000, poster section: Gels and other macromolecular aggregates: nanospheres, microspheres, p. 491.

3. K. Lewandowska, A. Podgórski, D.U. Staszewska, *Właściwości reologiczne roztworów poliakryloamidu, poli(N-winylopirolidonu) oraz ich mieszanin*, XV Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów, Świeradów-Zdrój, 19-21 września 2001, Materiały konferencyjne, ISSN 0137-1398, sekcja II, 396-399.

po uzyskaniu stopnia doktora

współautorstwo komunikatów

2. A. Sionkowska, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, *Physico – chemical properties of biopolymer composites with inorganic additives as materials designed for biomedical applications*, Scientific meeting of COST TD0903 *Understanding and manipulating enzymatic and proteomic processes in biomineralization*, Biomineralix – final conference, Granada, Spain, 14-16 April 2014.

Postery prezentowane osobiście

3. K. Lewandowska, *Badania termiczne i spektroskopowe mieszanin octanu chitozanu z polimerami winylowymi*, XI Seminarium: Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn, Kraków, 25-28 wrzesień 2006, materiały konferencyjne, ISSN 0011-4561, 323 (prezentacja plakatu połączona z ustnym referowaniem 5 min.).

4. K. Lewandowska, *Właściwości reologiczne roztworów octanu chitozanu, poli(alkoholu winylowego) oraz ich mieszanin*, XVIII Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów, Polanica-Zdrój, 23-26 września 2007, Materiały

konferencyjne, ISBN 978-83-7493-350-6, sesja V: Nowe kierunki zastosowań polimerów, 490.

5. K. Lewandowska, *Badania termiczne mieszanin octanu chitozanu z poli(alkoholem winylowym)*, V Szkoła Analizy termicznej SAT'08, Zakopane, 6-9 kwiecień 2008, Materiały konferencyjne, sesja posterowa P16.

6. K. Lewandowska, *The rheological properties of solutions of chitosan acetate blends with vinyl polymers*, XIV Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Olsztyn, 24-26 września 2008, Materiały konferencyjne, sesja C, SP 3.

7. K. Lewandowska, *Thermal and atomic force microscopy (AFM) studies of microcrystalline chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures*, XV Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Toruń, 28-30 września 2009, Materiały konferencyjne, sesja C, SP 1.

8. K. Lewandowska, *Właściwości termiczne i reologiczne mieszanin soli sodowej karboksymetylocelulozy z polimerami winylowymi*, XIX Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów, Karczewiska, 20-23 września 2009, Materiały konferencyjne, ISBN 978-83-7493-482-4, sesja V Metody badań i właściwości polimerów, 461.

9. K. Lewandowska, *Viscometric studies of microcrystalline chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures*, XVI Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Zakopane, 22-24 września 2010, Materiały konferencyjne, sesja C2, SP 12.

10. K. Lewandowska, *Badania spektroskopowe (FTIR) i mikroskopowe (AFM) mieszanin mikrokrystalicznego chitozanu z poli(alkoholem winylowym) (PVA)*, XX Konferencja Naukowa pt. Modyfikacja Polimerów, Wrocław, 12-14 września 2011, Materiały konferencyjne, ISBN 978-83-86520-09-1, sesja IV Recykling i tworzywa polimerowe z surowców odnawialnych/wtórnych, 523.

11. K. Lewandowska, *Rheological properties of chitosan blends with partially hydrolyzed polyacrylamide in different solvents*, XVII Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Warszawa, 21-23 września 2011, Materiały konferencyjne, sesja C1, SP 1.

12. A. Sionkowska, A. Płancka, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, P. Szarszewska, *Influence of UV-irradiation on molecular weight of chitosan*, XVIII Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Bochnia, 19-21 września 2012, Materiały konferencyjne, sesja C2, SP 14.

13. K. Lewandowska, A. Sionkowska, K. Krasieńska, *Mechanical and morphological studies of chitosan/polyacrylamide blends*, VII Polish - Ukrainian Conference Polymers of special applications, Radom-Swieta Katarzyna, 24-27 September 2012, Abstract & programme schedule, p.88.

14. K. Lewandowska, A. Sionkowska, *Structure and rheological properties of chitosan/poly(vinyl alcohol) mixtures as materials designed for biomedical applications*, WG3 & WG4 Scientific Workshop Biological Adhesives: from Biology to Biomimetics 9th -11th of April 2013, Cluj Napoca, Romania, COST akcja TD0906 *Biological adhesives: from biology to biomimetics*, abstract book, p. 40.

15. K. Lewandowska, A. Sionkowska, B. Kaczmarek, G. Furtos, *Mechanical and morphological studies of chitosan/clay composites*, 9th International Conference on ICEPOM-9 Electronic Processes in Organic Materials, 20-24 May 2013, Lviv, Ukraine, Conference abstracts, Section 3: Thin film structures and their application, p. 81.
16. K. Lewandowska, *Structure and thermal properties of chitosan composites*, 3rd Summer Symposium on Nanomaterials and their application to Biology and Medicine, 16th - 19th June 2013, NanoBioMedical Centre, Poznań, Book of Abstracts, s. 71.
17. A. Sionkowska, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, *Characterization of chitosan after cross-linking by tannic acid*, XIX Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Żywiec, 18-20 września 2013, Materiały konferencyjne, sesja C, SP 7.
18. K. Lewandowska, A. Sionkowska, K. Krasińska, *Viscometric studies of chitosan/polyacrylamide mixtures*, XIX Seminarium Robocze Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Żywiec, 18-20 września 2013, Materiały konferencyjne, sesja C, SP 8.
19. K. Lewandowska, A. Sionkowska, *Influence of molecular weight on structure and rheological characteristics of microcrystalline chitosan/polyacrylamide mixtures*, 2nd International Conference on Biological and Biomimetic Adhesives, COST ACTION TD0906 Final Meeting, 6-9 May 2014, Istanbul Turkey, Congress book, PP08-02, p.133.
20. K. Lewandowska, M. Koper, *Surface properties of chitosan composites with poly(vinyl alcohol) and hydroxyapatite* XX Konferencja Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Łódź, 24-26 września 2014, Materiały konferencyjne, sesja C2, SP 18.
21. K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, *Influence of the intermolecular interaction on physico-chemical properties of chitosan/hyaluronic acid blends*, XX Konferencja Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Łódź, 24-26 września 2014, Materiały konferencyjne, sesja C2, SP 19.
22. K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, *Characterization of thin chitosan/hyaluronic acid blend films*, 1st Central European Conference of regenerative medicine, Bydgoszcz, 14-15 March 2015, abstract book, P.18, p.76 (prezentacja plakatu połączona z ustnym referowaniem 3 min.)
23. K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, *Structure and miscibility of chitosan/hyaluronic acid blends*, 12th International Conference of the European Chitin Society, 13th International Conference on Chitin and Chitosan, 30.08-2.09.2015r. Münster, Germany, Abstract, B24, p. 146.
24. K. Lewandowska, *Structure and thermal properties of chitosan/poly(vinyl alcohol)/clay blends*, 12th International Conference of the European Chitin Society, 13th International Conference on Chitin and Chitosan, 30.08-2.09.2015r. Münster, Germany, Abstract, C24, p. 187.
25. K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska *Thermal and mechanical studies of chitosan/ hyaluronic acid blends*, XXI Konferencja Polskiego Towarzystwa

Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Szczecin, 16-18 września 2015, Materiały konferencyjne, sesja C1, SP 8.

26. K. Lewandowska, A. Sionkowska, A. Liszewska, *Viscometric studies of collagen/hyaluronic acid blends containing chitosan*, XXI Konferencja Polskiego Towarzystwa Chitynowego, Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych, Szczecin, 16-18 września 2015, Materiały konferencyjne, sesja C2, SP 16.

współautorstwo posterów

27. K. Lewandowska, A. Sionkowska, *Hydrodynamic properties of hydrophilic high molecular weight compounds and of their mixtures*, The 42nd IUPAC World Polymer Congress, Macro 2008, Polymer at Frontiers of Science and Technology, Taipei, 29 July – 4 June 2008, abstract book, 0057, p. 89.

28. A. Sionkowska, K. Lewandowska, A. Płancka, J. Kozłowska, *Biopolymer blends as potential biomaterials and cosmetic materials*, International Conference Biomaterials, Tissue Engineering & Medical Devices BiomMedD 2012, Constanta, Romania, 29 August – 01 September 2012, abstract volume, ISSN 2069-0193, ISSN – L 2069-0193, p. 234.

29. K. Lewandowska, A. Sionkowska, *Fourier transform infrared (FTIR) and atomic force microscopy (AFM) studies of chitosan composites*, 25th Symposium and Annual Meeting of the International Society for Ceramics in Medicine BIOCERAMICS 25, 7-10 November 2013, Bucharest, Romania, conference programme & abstract volume, ISBN: 978-606-23-0104-0, p. 155-156.

30. M. Koper, K. Lewandowska, *Badania mikroskopowe AFM oraz charakterystyka reologiczna kompozytów chitozanu i poli(alkoholu winylowego)*, XL Ogólnopolska Szkoła Chemii, *Chemia zrodzona z natury*, Augustów 30.04-4.05.2014, książka abstraktów, ISBN 978-83-939479-0-4, Postery: badania własne, 94.

31. K. Lewandowska, M. Koper, *Rheological properties and morphological studies of chitosan /poly(vinyl alcohol)/ nanoclay composites*, 2^{ème} Edition Cosmectic Days 2014, 5-6 June 2014, Paris, France.

32. S. Grabska, A. Sionkowska, K. Lewandowska, *Porównanie właściwości fizykochemicznych chitozanu i kwasu hialuronowego*, I Targi Pracy, Poczuj chemię do studenta, Toruń, 22.04.2015, książka abstraktów, ISBN 978-83-231-3378-0, 23.

33. P. Gołębiowski, K. Lewandowska, *Charakterystyka reologiczna wybranych żeli po goleniu*, I Targi Pracy, Poczuj chemię do studenta, Toruń, 22.04.2015, książka abstraktów, ISBN 978-83-231-3378-0, 22.

34. S. Grabska, A. Sionkowska, K. Lewandowska, B. Kaczmarek, *Właściwości powierzchniowe mieszanin chitozanu i kwasu hialuronowego*, IX Kopernikańskie Seminarium Doktoranckie, Toruń, 24-26 czerwiec 2015, książka abstraktów, 39.

35. A. Sionkowska, K. Lewandowska, A. Liszewska, M. Michalska, *Właściwości powierzchniowe mieszanin kolagenu i kwasu hialuronowego*, IX Kopernikańskie Seminarium Doktoranckie, Toruń, 24-26 czerwiec 2015, książka abstraktów, 64.

36. A. Sionkowska, K. Lewandowska, S. Grabska, A. Liszewska, *Characterization of thin collagen/hyaluronic acid blend films*, The International Conference Sustainable Materials Science and Technology, Paryż, 15-17 July 2015, Abstracts book, ISBN: 978-84-944311-0-4, p. 168.

37. A. Sionkowska, K. Lewandowska, S. Grabska, *Surface Properties of Chitosan Mixtures with Hyaluronic Acid and Collagen as Materials Designed for Biomedical Applications*, 27th European Conference on Biomaterials, Kraków, 30 August – 2 September 2015, Book of Abstracts, Poster Presentation, p. 560.
38. B. Kaczmarek, K. Lewandowska, A. Sionkowska, S. Grabska, *Wpływ rodzaju rozpuszczalnika na strukturę mieszanin chitozanu z kwasem hialuronowym - badania mikroskopowe*, 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego, 21-25.09.2015, Gdańsk, materiały zjazdowe, ISBN 978-83-60988-20-6, S04P03, 175.
39. A. Sionkowska, B. Kaczmarek, M. Michalska, K. Lewandowska, S. Grabska, *Chitosan based materials for health care and personal care*, 4th EPNOE International Polysaccharide Conference 2015, *Polysaccharide – based advanced materials: from science to industry*, 19-22 October 2015, Warszawa, Book of abstracts, P-40, p.250.
40. S. Grabska, A. Sionkowska, K. Lewandowska, *Właściwości fizykochemiczne mieszanin chitozanu i kwasu hialuronowego*, II Poznańskie Sympozjum Młodych Naukowców Nowe Oblicze Nauk Przyrodniczych, 14 listopada 2015, Poznań, książka abstraktów, ISBN 978-83-62783-03-8, P-42, 104.

Udział w Komitecie organizacyjnym XV Seminarium Roboczego Polskiego Towarzystwa Chitynowego, *Nowe aspekty w chemii i zastosowaniu chityny i jej pochodnych*, Toruń, 28-30 września 2009, członek komitetu, Materiały konferencyjne.

Przewodniczenie sesji (chairperson): *Shell microstructure*, Scientific meeting of COST TD0903 *Understanding and manipulating enzymatic and proteomic processes in biomineralization*, *Biomineralix – final conference*, Granada, Spain, 14-16 April 2014, abstract book.

6.3 Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Polskie Towarzystwo Chitynowe – członek (2010 - obecnie)

Polskie Stowarzyszenie Biomateriałów – członek zwyczajny (2014 - obecnie)

6.4 Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

Dydaktyka

Zajęcia dydaktyczne prowadziłam od pierwszego roku Studium Doktoranckiego w ramach Zakładu Chemii Ogólnej, a następnie Katedry Chemii i Fotochemii Polimerów oraz obecnie dla Katedry Chemii Biomateriałów i Kosmetyków dla Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi (BiNOZ) w latach 1997-2014 oraz dla Wydziału Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Pełnię również funkcje kierownika następujących pracowni:

- ✓ Podstawy fizykochemii polimerów w roztworze, kierunek Chemia, S1, III rok, w latach 2000-2014 w ramach specjalność chemia polimerów, od 2015 przedmiot Synteza i właściwości polimerów – **2000 – obecnie**;
- ✓ Fizykochemia polimerów w fazie ciekłej, kierunek Chemia, S2, I rok, - **2007- obecnie**;

- ✓ Materiały biopolimerowe, kierunek Materiały współczesnych technologii, S1, III rok – **2013 – obecnie**;
- ✓ Reologia form kosmetycznych, kierunek Chemia, S2, I rok specjalność chemia kosmetyków oraz kierunek Chemia kosmetyczna, S1, III rok - **2012 – obecnie**;
- ✓ Polimery w kosmetykach, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, III rok - **2014 – obecnie**;
- ✓ Biopolimery, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, III rok - **2014 – obecnie**;

Zajęcia dydaktyczne na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi (BiNOZ) UMK w latach 1997-2014:

1. Biologia, I rok, Chemia ogólna i analityczna - pracownia.
2. Biotechnologia, I rok, Chemia ogólna i analityczna - pracownia.
3. Ochrona Środowiska, I rok, Podstawy chemii ogólnej i organicznej - pracownia.
4. Biologia, I rok, Ćwiczenia rachunkowe z chemii ogólnej i analitycznej.
5. 3-letnie Studia Zawodowe Biologia, I rok, Ćwiczenia rachunkowe z chemii ogólnej i analitycznej
6. Zaoczne Studium Biologii, I rok, Chemia ogólna i analityczna - pracownia.
7. Zaoczne Studium Ochrony Środowiska, II rok, Podstawy chemii ogólnej i organicznej -pracownia.
8. Biologia, I rok, Chemia organiczna - pracownia.

W roku akademickim 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 oraz 2012/2013 zajęcia wyrównawcze z chemii dla studentów Ochrony Środowiska, BiNOZ, Studia stacjonarne s1, I rok w wymiarze 15h rocznie, w ramach projektu *Zwiększenie liczby absolwentów kierunku ochrona środowiska (studia I i II stopnia) z równoczesnym podniesieniem atrakcyjności studiów i wzmocnieniem praktycznym elementów kształcenia* realizowanego przez Wydział BiNOZ UMK w Toruniu.

Zajęcia dydaktyczne na Wydziale Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu:

Wykłady:

1. Podstawy fizykochemii polimerów w roztworze kierunek Chemia, S1, specjalność chemia polimerów, III rok, 10h – 2007-2013
2. Podstawy fizykochemii polimerów w roztworze kierunek Chemia, S1, przedmiot do wyboru: Synteza i właściwości polimerów, III rok, 5h – obecnie
3. Reologia polimerów, kierunek Chemia, S1, przedmiot do wyboru: Właściwości i przetwórstwo tworzyw sztucznych, III rok, 5h – obecnie
4. Materiały biopolimerowe, Makrokierunek chemia, Materiały współczesnych technologii, Studia stacjonarne s1, III rok, 5h – 2013 – obecnie
5. Physicochemistry of polymers, kierunek Chemia, S2, specjalność chemisty of advanced materials, II rok, 2,5h – 2012-2014

6. Reologia form kosmetycznych, kierunek Chemia, S2, specjalność chemia kosmetyków, II rok, 15h – 2012 – obecnie
7. Reologia form kosmetycznych, kierunek Chemia, N2, specjalność chemia kosmetyków, II rok, 15h – 2012
8. Reologia form kosmetycznych kierunek Chemia kosmetyczna, S1, III rok, 15h – 2014-obecnie
9. Biopolimery, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 8h – 2014-obecnie
10. Polimery w kosmetykach, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 15h– 2014-obecnie
11. Biopolimery, Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie Matematyczno-Przyrodnicze, 15h – 2013

Pracownie:

1. Podstawy fizykochemii polimerów w roztworze, kierunek Chemia, S1, specjalność chemia polimerów, III rok, 30h – 2000-2013
2. Podstawy fizykochemii polimerów w roztworze, kierunek Chemia, S1, przedmiot do wyboru: Synteza i właściwości polimerów, III rok, 15h – obecnie
3. Reologia polimerów, kierunek Chemia, S1, przedmiot do wyboru: Właściwości i przetwórstwo tworzyw sztucznych, III rok, 15h – obecnie
4. Fizykochemia polimerów w fazie ciekłej, kierunek Chemia, S2, specjalność chemia polimerów, I rok, 20h– 2000 – obecnie
5. Pracowania wybrane zagadnienia z fizykochemii polimerów, kierunek Chemia, S2, specjalność chemia polimerów, I rok, specjalizacja magisterska 5h – 2011
6. Materiały biopolimerowe, Makrokierunek chemia, Materiały współczesnych technologii, Studia stacjonarne s1, III rok, 30h – 2011 – obecnie
7. Pharmaceutical and cosmetics materials, kierunek Chemia, S2, specjalność chemistry of advanced materials, II rok, 15h– 2012
8. Physicochemistry of polymers kierunek Chemia, S2, specjalność chemistry of advanced materials, II rok, 6h– 2012-2014
9. Reologia form kosmetycznych, kierunek Chemia, S2, specjalność chemia kosmetyków, I rok, 15h – 2012-2014
10. Reologia form kosmetycznych kierunek Chemia, N2, specjalność chemia kosmetyków, II rok, 10h – 2012
11. Chemia ogólna, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 15h – 2012
12. Polimery w kosmetykach kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 15h – 2014 - obecnie
13. Reologia form kosmetycznych kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 15h– 2014-obecnie
14. Receptura kosmetyczna, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 30h– 2014-obecnie
15. Biopolimery, kierunek Chemia kosmetyczna, S1, 10h – 2014-obecnie

Przygotowano i opracowano nowe zajęcia dydaktyczne na Wydziale Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu:

- w roku akademickim 2010/2011: Pracownia *Wybrane zagadnienia z fizykochemii polimerów*, specjalizacja magisterska 4 ćwiczenia, Chemia, Studia stacjonarne S2, specjalność chemia polimerów, I rok; Pracownia *Materiały biopolimerowe*, 3 ćwiczenia Makrokierunek chemia, Materiały współczesnych technologii, Studia stacjonarne S1.
- w roku akademickim 2011/2012: Wykład *Reologia form kosmetycznych* 15h i pracownia *Reologia form kosmetycznych* 15h (5 ćwiczeń), Studia stacjonarne S2, specjalność chemia kosmetyków, I rok.
- w roku akademickim 2011/2012: nowy kierunek Chemia kosmetyczna, Studia stacjonarne S1: *Polimery w kosmetykach*, wykład 15h oraz pracownia 15h (6 ćwiczeń).
- w roku akademickim 2012/2013: materiały w języku polskim i angielskim dla specjalności Chemisty of advanced materials, Studia stacjonarne S2, II rok (III semestr), przedmiot: *Fizykochemia polimerów*, 2,5 h wykładu (5 stron w każdej wersji), 2 ćwiczenia (5 stron w każdej wersji).
- w roku 2013 przygotowano i opracowano materiały do wykładów dodatkowych pt. *Biopolimery dla Interdyscyplinarnych Studiów Doktoranckich Matematyczno-Przyrodnicze UMK* (40 stron) w ramach projektu „*Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych*” realizowanego przez Wydział Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Udział w przygotowaniu wniosku o utworzenie kierunku Chemia Kosmetyczna S2 studia stacjonarne i niestacjonarne na Wydziale Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, w latach 2014-2015. Byłam odpowiedzialna za zbieranie i analizowanie sylabusów, korekty programu studiów, przygotowanie efektów kształcenia oraz matrycę efektów kształcenia, wypełnienie wniosku.

6.5 Opieka naukowa nad studentami

Brałam aktywny udział w opiece naukowej nad studentami przygotowującymi prace dyplomowe w Katedrze Chemii i Fotochemii Polimerów, a następnie Katedrze Chemii Biomateriałów i Kosmetyków na Wydziale Chemii, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu:

- **prace magisterskie:** w latach 2007-2015 promotor 7 prac, kierunek Chemia, w zakresie specjalności: chemia polimerów, chemia kosmetyków, chemia biomedyczna oraz chemia żywności i biopierwiastków. W roku akademickim 2015/2016 jestem promotorem 1 pracy na kierunku Chemia, specjalność chemia kosmetyków, S2, II rok oraz 2 prac na kierunku Chemia kosmetyczna, S2, I rok;
- **prace licencjackie:** w latach 2007-2015 promotor 16 prac, w tym 6 na kierunku Chemia oraz 10 na kierunku Chemia kosmetyczna. W roku akademickim

2015/2016 jestem promotorem 1 pracy na kierunku Chemia kosmetyczna, S1, III rok.

6.6 Opieka naukowa nad doktorantami o charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

Opieka nad Ima Ghaeli, PhD student z Biocomposites group, INEB Instituto de Engenharia Biomedica Universidade do Porto, Portugal, która odbywała miesięczny staż w Katedrze Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, w czerwcu 2014r., finansowany przez UE COST MP 1301 w ramach Short Term Scientific Mission (STSM). Przedmiotem badań pt. *Investigation on molecular interaction between collagen and silk fibroin in order to prepare an optimum biocomposite for bone regeneration* były pomiary wiskozymetryczne mieszanin kolagenu i fibroiny jedwabiu mające na celu oznaczenie mieszalności badanych układów.

Promotorstwo pomocnicze w przewodzie doktorskim mgr Sylwii Grabskiej pt. *Właściwości fizykochemiczne mieszanin i kompozytów dwu – i trójskładnikowych na bazie chitozanu, kolagenu i fibroiny jedwabiu*, Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, (przewód otwarty).

6.7 Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich przed uzyskaniem stopnia doktora

Katedra Technologii Polimerów Politechniki Gdańskiej, 15 marzec – 15 czerwiec 1999, Stypendium Polskiego Towarzystwa Chemicznego.

po uzyskaniu stopnia doktora

Miesięczny staż zagraniczny w Babes-Bolyai University of Cluj-Napoca, Rumunia w dniach 1-28 luty 2013 r., finansowany przez grant uzyskany w ramach programu COST akcja TD0903, Short Term Scientific Mission (STSM), COST-STSM-Reference Number: COST-STSM-TD0903-12484, STSM Topic: Preparation and characterization of chitosan/clay composite.

6.8 Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych lub krajowych

Łączna liczba recenzji: 50

Lista czasopism oraz liczba recenzji:

1. Polymer Bulletin IF₂₀₁₄=1.438 – 3
2. Chemical Papers IF₂₀₁₄=1.488 – 1
3. Materials Chemistry and Physics IF₂₀₁₄=2.259 - 2
4. Polymer International IF₂₀₁₄=2.409 – 1
5. Thin Solids Films IF₂₀₁₄=1.759 – 1
6. Carbohydrate Polymers IF₂₀₁₄=4.074 – 2
7. Journal of Agricultural Science and Technology IF₂₀₁₄=0.699 -1
8. Environmental Engineering and Management Journal IF₂₀₁₄=1.065 – 1
9. ACS Sustainable Chemistry & Engineering IF₂₀₁₄=4.642 – 1
10. Journal of Polymer Engineering IF₂₀₁₄=0.465 – 1
11. European Polymer Journal IF₂₀₁₄=3.005 – 2
12. Journal of Molecular Liquids IF₂₀₁₄=2.515 – 1

13. Acta Physica Polonica A IF₂₀₁₄=0.530 – 3
14. Thermochemica Acta IF₂₀₁₄=2.184 – 1
15. Biomatter – 1
16. Polymer Degradation and Stability IF₂₀₁₄=3.163 – 1
17. Journal of Physical Chemistry IF₂₀₁₄=2.693 – 1
18. Progress on Chemistry and Application Chitin and its Derivatives (lista B MNiSzW - 11pkt)– 6
19. Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineering IF₂₀₁₄=3.000 -1
20. International Journal of Biological Macromolecules IF₂₀₁₄=2.858 – 5
21. Journal of Photochemistry and Photobiology A Chemistry IF₂₀₁₄=2.495 - 1
22. Materials Research Innovations IF₂₀₁₄=0.830 – 2
23. Journal of Biomaterials Science: Polymer Edition IF₂₀₁₄=1.648 – 1
24. Colloid and Polymer Science IF₂₀₁₄=1.865 – 1
25. Key Engineering Materials (lista B MNiSzW - 8pkt) – 4
26. Annals of Biomedical Engineering IF₂₀₁₄=3.195 – 1
27. Acta of Bioengineering and Biomechanics IF₂₀₁₄=0.894 – 1
28. LWT – Food Science and Technology IF₂₀₁₄=2.416 – 1
29. Particulate Science and Technology IF₂₀₁₄=0.523 – 1
30. Journal of Polymers and the Environment IF₂₀₁₄=1.671 – 1

Toruń, 13.02.2016r. Krzysztof Bednarski