

Daria Katarzyna Zielińska
Politechnika Poznańska
Wydział Technologii Chemicznej

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Struktura nadcząsteczkowa i właściwości fizykochemiczne kompozytów polipropylenowych z napelniającami nanocelulozowymi”

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. inż. Sławomir Borysiak, prof. PP

Tematyka niniejszej dysertacji doktorskiej dotyczy wytwarzania zaawansowanych materiałów polimerowych mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle opakowaniowym. Istotnymi aspektami, które należy uwzględnić podczas projektowania opakowań jest zapewnienie dużej barierowości na tlen i parę wodną, jak również wysokiej odporności przeciwdrobnoustrojowej na bakterie i grzyby, co jest konieczne do utrzymania świeżości, smaku i kolorów produktów spożywczych oraz wydłużenia czasu ich przechowywania. Dodatkowo, materiały opakowaniowe powinny charakteryzować się dużą wytrzymałością mechaniczną niezbędną podczas transportu, jak również magazynowania. Należy również podkreślić ważny element, jakim jest zapewnienie dużej elastyczności, co może zwiększyć asortyment otrzymywanych produktów, m.in. poprzez zastosowanie techniki termoformowania. Obecnie uzyskanie materiałów opakowaniowych zapewniających powyższe aspekty jest realizowane poprzez wytwarzanie folii wielowarstwowych, aczkolwiek tego typu układy charakteryzują się trudnościami podczas przetwórstwa oraz stosowania recyklingu materiałowego. Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie napelniaaczy mineralnych, które charakteryzują się tendencją do agregacji w matrycy polimerowej. Przedmiotem szczególnego zainteresowania w ostatnich kilkunastu latach są materiały o cechach proekologicznych, w których napelniaacze wytworzone są z surowców odnawialnych, w szczególności celulozowe. Głównym wyzwaniem naukowym w ramach realizowanej pracy było opracowanie metody wytwarzania napelniaaczy celulozowych o rozmiarach nanometrycznych, które mogą być zastosowane do otrzymania materiałów kompozytowych o wielofunkcyjnych właściwościach, m.in. odporności na działanie drobnoustrojów, promieniowania UV, zwiększonej barierowości na parę wodną i tlen, jak również dużej elastyczności.

Praca doktorska stanowi spójny, monotematyczny cykl badawczy uwzględniający omówienie sześciu publikacji naukowych (P1–P6) opublikowanych w międzynarodowych czasopismach o wysokim współczynniku oddziaływania. Głównym celem pracy było otrzymanie kompozytów polimerowych zawierających celulozę nanometryczną o polepszonych cechach wytrzymałościowych i właściwościach barierowych, jak również o zwiększonej odporności na działanie mikroorganizmów.

Praca była realizowana w trzech nurtach badawczych. W ramach pierwszego nurtu prowadzono badania nad procesem enzymatycznym otrzymywania celulozy o rozmiarach nanometrycznych poprzez dobór odpowiedniego rodzaju celulozowego surowca wyjściowego, typu enzymów celulolitycznych (*Trichoderma reesei* i *Aspergillus* sp.) oraz czasu prowadzonej reakcji kontrolowanej biokonwersji. Przeprowadzono również funkcjonalizację nanonapelniaacza celulozowego z użyciem zaprojektowanych oraz zsyntezowanych cieczy jonowych typu gemini, co zapewniło utworzenie stabilnej struktury przestrzennej pomiędzy nanocząstkami polisacharydów i ograniczyło tworzenie agregatów. Ponadto scharakteryzowano właściwości strukturalne oraz dyspersyjno-morfologiczne otrzymanych napelniaaczy celulozowych. Przeprowadzone badania wykazały, że zaproponowana metoda enzymatycznej hydrolizy celulozy jest skuteczną techniką otrzymywania nanocelulozy. Określono istotną zależność, dotychczas nienotowaną, pomiędzy strukturą nadmolekularną celulozy mikrometrycznej a efektywnością procesu

hydrolizy enzymatycznej i zawartością otrzymanych cząstek celulozy o rozmiarze nanometrycznym, jak również cukrów prostych.

W ramach drugiego nurtu badawczego prowadzono prace nad otrzymywaniem i charakterystyką struktury nadmolekularnej, przemian fazowych, właściwości fizykochemicznych i użytkowych polimerowych materiałów kompozytowych z napełniaczami nanocelulozowymi. Dodatkowo zsyntezowano napełniacze hybrydowe nanoceluloza-tlenek metalu oraz przeprowadzono weryfikację możliwości ich zastosowania jako napełniaczy osnowy polipropylenowej. Po raz pierwszy opisano zależność pomiędzy strukturą i parametrami dyspersyjno-morfologicznymi nanonapełniaczy celulozowych otrzymanych w wyniku kontrolowanej reakcji enzymatycznej, jak również po procesie funkcjonalizacji a kształtowaniem struktury nadcząsteczkowej i właściwościami użytkowymi kompozytów polimerowych. Istotnym osiągnięciem było zdefiniowanie wpływu odmian polimorficznych matrycy polimerowej otrzymywanych w warunkach procesowych, jak również aktywności nukleacyjnej napełniaczy nanocelulozowych oraz hybrydowych na parametry wytrzymałościowe, w szczególności elastyczność materiałów kompozytowych.

W ramach trzeciego nurtu realizowano prace nad otrzymaniem polipropylenowych układów kompozytowych zawierających napełniacze hybrydowe nanoceluloza-tlenek (tlenki) metali oraz układy nanoceluloza z dodatkiem soli cynkowo-amonowych. Przeprowadzono także charakterystykę strukturalną i dyspersyjno-morfologiczną napełniaczy hybrydowych, jak również scharakteryzowano otrzymane kompozyty polimerowe oraz określono ich właściwości funkcjonalne, tj. barierowość i odporność przeciwdrobnoustrojową. Zastosowanie napełniaczy hybrydowych było odpowiedzialne za otrzymanie kompozytów polimerowych o poprawionych właściwościach barierowych na tlen i parę wodną, przy jednoczesnym uzyskaniu doskonałych cech wytrzymałościowych, w szczególności bardzo dużej elastyczności. Efektem prac badawczych jest również znalezienie zależności pomiędzy właściwościami barierowymi i cechami wytrzymałościowymi kompozytów zawierających napełniacze hybrydowe a strukturą nadmolekularną, w tym kształtowaniem odpowiednich odmian polimorficznych osnowy polipropylenowej. Ponadto stwierdzono, że dodatek układów nanoceluloza-sól cynkowo-amonowa w kompozytach przyczynia się do nadania im właściwości przeciwdrobnoustrojowych względem bakterii i grzybów oraz korzystnie wpływa na właściwości mechaniczne.

Warto podkreślić, że uzyskane wyniki w dysertacji doktorskiej charakteryzują się znaczącym potencjałem aplikacyjnym, w szczególności mogących mieć zastosowanie podczas otrzymania „inteligentnego” materiału opakowaniowego o zwiększonych właściwościach zarówno barierowych, przeciwdrobnoustrojowych, jak i mechanicznych, co może skutkować wydłużeniem okresu przydatności do spożycia produktów spożywczych. Jednocześnie, zaprezentowany proces otrzymywania innowacyjnych materiałów kompozytowych jest doskonałym przykładem zrównoważonych technologii projektowania opakowań o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, gwarantując możliwość dalszego ich przetwarzania poprzez recykling materiałowy.

27.06.2025 *Dania Wielisława*
data i podpis autora