

Polyhydroksyalkaniany (PHAs) to dobrze znane polimery we współczesnym świecie medycznym. Są cenione ze względu na swoją kompatybilność z naszymi ciałami, możliwość dostosowywania się oraz naturalną biodegradowalność, są doskonałe w implantach in-vivo, urządzeniach regeneracyjnych i aplikacjach medycznych. Jednakże istnieje pewne wyzwanie: nie są doskonałe pod względem siły i wydajności mechanicznej. W ramach tego projektu zostanie podjęta próba rozwiązania jednego z najważniejszych problemów związanych z tymi polimerami, mającymi ogromne zastosowanie w biomedycynie. W zastosowaniach biomedycznych ten polimer doświadcza naprężeń, które mogą prowadzić do mechanicznych awarii. Aby rozwiązać ten problem, musimy zająć się mikrostrukturą pod wpływem naprężeń; ta mikrostruktura w polimerach odnosi się do faz krystalicznych i amorficznych. Wyobraźmy sobie te materiały jako małe, niewidzialne miasto. W tym mikroskopijnym mieście faza krystaliczna jest jak solidne budynki zapewniające siłę i strukturę, podczas gdy faza amorficzna przypomina elastyczną, dostosowującą się infrastrukturę łączącą wszystko. Naszym celem jest zbadanie tego mikroskopijnego świata i odkrycie tajemnic, jak jego elementy transformują pod wpływem naprężeń. Będzie to przypominać otwieranie skarbnicy wiedzy o tych niesamowitych polimerach półkrystalicznych!

Tutaj wchodzi w grę nasza misja – miksujemy PHAs o różnych strukturach chemicznych i długościach łańcucha, aby podnieść ich zdolności. Dlaczego to robimy? Poprzez zrozumienie ich przygód na różnych skalach długości (np. przejścia faz krystalicznych, zmiany morfologii kryształów, inicjowanie mechanizmów uszkodzenia, takich jak tworzenie się ubytków, itp.) pod wpływem zewnętrznych pól naprężeń rozciągających/kompresyjnych, uda nam się zmodyfikować, przeprojektować i przetransformować te mieszaniny w doskonałe materiały biomedyczne. Można to osiągnąć, rzucając światło na cechy zarówno mikroskopowe, jak i makroskopowe, sterowane złożoną hierarchiczną strukturą inherentną w ich półkrystalicznej naturze. W naszym małym mieście te zmiany reprezentują ulepszenia i modyfikacje, jakie wprowadzamy do solidnych, strukturalnych budynków (faza krystaliczna) i elastycznych ścieżek łączących (faza amorficzna), zapewniając przeprojektowanie materiału o solidnej i elastycznej strukturze.

Ten projekt przyjmuje podejście wieloskalowe i wieloetapowe, aby zróżnicować morfologię krystaliczną i strukturę fazy amorficznej, topologię i rzeczywisty stan poprzez zmiany w strukturze molekularnej PHAs (np. różna długość łańcucha, obecność i rozmieszczenie jednostek kopolimerowych, itp.) oraz warunki krystalizacji (np. modyfikacja poprzez mieszanie z kopolimerami o dłuższych łańcuchach bocznych, wprowadzanie środków nukleujących w celu poprawy kinetyki krystalizacji, usuwanie niejednorodności i ciał obcych, a także już obecnych jąder reszkowych PHA, które działają jako wbudowane środki nukleujące w stopionym stanie).

Następnie będziemy badać wpływ tych zmian na kilka parametrów fizykochemicznych (zmiany morfologiczne, właściwości mechaniczne, strukturę i ewolucje faz krystalicznych i amorficznych), a także na aktywne mikromechanizmy deformacji i związane z nimi niestabilności procesu mieszanin PHA. Badania eksperymentalne będą uzupełniane przez modelowanie komputerowe, symulujące deformację polihydroksyalkanoatów o różnych strukturach i krystaliczności.

Oczekiwane rezultaty tego projektu przyniosą rewolucję w naszym zrozumieniu mieszanin PHA, otwierając drogę do zaawansowanych, inspirowanych odkształceniami biomedycznych PHAs. Ponadto jesteśmy przekonani, że wynik projektu będzie kolejnym krokiem w realizacji Rozporządzenia (UE) 2017/745 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2017 r. w sprawie ram prawnych dla wyrobów medycznych, zwłaszcza załącznika I/rozdziału II, dotyczącego wymagań dotyczących projektowania i produkcji.