



Flogiston

CHEMICZNE KOŁO NAUKOWE PW

„Reakcje enzymatyczne w wodnych układach dwufazowych cieczy jonowych” – zgłoszenie do Małej Puli na Projekty Naukowe 2019

1. Wodne układy dwufazowe



Wodne układy dwufazowe (ang. Aqueous Biphasic Systems, ABS) to układy składające się z dwóch niemieszających się wzajemnie faz, w których woda stanowi główny składnik. W celu otrzymania takiego roztworu należy mieszać wodę oraz dwa składniki dobrze mieszające się z wodą o specyficznych właściwościach. Czynnikiem kosmotropowym (tworzący strukturę), który poprzez swoje oddziaływania z wodą tworzy w wodzie sieć oddziaływań wodorowych np. sole, cukry, lub aminokwasy. Drugim czynnikiem jest związek o właściwościach chaotropowych (niszczący strukturę), który w wyniku swoich oddziaływań z wodą niszczy strukturę wiązań wodorowych np. glikol polietylenowy, rozpuszczalnik organiczny, lub ciecz jonowa. W wyniku kompetycyjnych oddziaływań woda dzieli się w takich układach na dwie fazy.

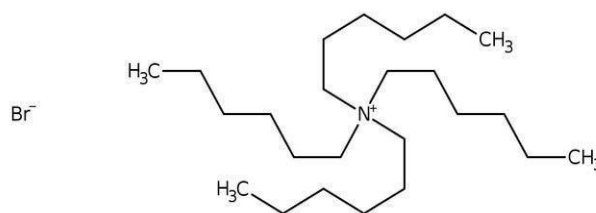
Charakterystyczną cechą układów dwufazowych są krytyczne temperatury mieszania (CST, z ang. Critical Solution Temperature), czyli temperatury, w których mieszanina staje się homogenna. Obserwujemy wówczas zanik dwóch cieczy i powstanie jednej, a zjawisko to jest odwracalne. Często w układzie nie da się zaobserwować CST ze względu na niższą temperaturę wrzenia jednego ze składników. Znanym przykładem układu, w którym możemy zaobserwować CST jest oliwa, woda i alkohol.

Układy dwufazowe wykorzystuje się do ekstrakcji, czyli wyodrębniania jednego ze składników mieszaniny do cieczy, w której ten składnik lepiej się rozpuszcza. Zazwyczaj w takich procesach stosuje się rozpuszczalniki organiczne. W myśl koncepcji zielonej chemii, zgodnie z którą należy ograniczać używanie lotnych rozpuszczalników szkodliwych dla środowiska, należałoby wykorzystać głównie wodę. Aby sprostać wyzwaniom stawianym przez tę koncepcję, najlepiej byłoby, aby obydwie cieczki podczas ekstrakcji były roztworami wodnymi, ale takie mieszaniny zazwyczaj są homogenne (jednorodne).

I właśnie tutaj pojawia się rola dla wodnych układów dwufazowych. W znanych mieszaninach wody, polimerów i soli obserwujemy podział cieczy na dwie niemieszające się ze sobą cieczki: jedną złożoną z wody i soli oraz drugą - z wody i polimeru. Układy takie wykazują różnicę sił jonowych (liczby jonów w poszczególnych cieczkach), która często uniemożliwia prowadzenie procesów ekstrakcyjnych. Rozwiązaniem tego problemu mogłoby być zastosowanie cieczy jonowych zamiast polimerów.

2. Ciecze jonowe

Jak wskazuje nazwa, ciecze jonowe to związki ciekłe o budowie jonowej, przypominającej stopioną sól kuchenną, lecz w odróżnieniu od soli, występujące jako ciecze już w temperaturze zbliżonej do pokojowej. Jest to grupa substancji, obejmująca związki o bardzo różnych właściwościach. Główną z ich zalet jest nietożność wynikająca z budowy jonowej, co oznacza, że jony przeciwnych znaków przyciągają się, uniemożliwiając odparowanie.



Istotną cechą cieczy jonowych jest łatwość przewidywania ich własności takich jak mieszalność z wodą lub rozpuszczalnikami organicznymi oraz temperatura topnienia. Własnościami tymi można sterować przez zmianę długości łańcuchów w kationach oraz rodzaju anionu. Z tego powodu ciecze jonowe są często nazywane projektowanymi rozpuszczalnikami.

Właściwości cieczy jonowych sprawiają, że spełniają one wymagania stawiane „zielonym rozpuszczalnikom”, czyli są przyjazne dla środowiska naturalnego w przeciwieństwie do wielu rozpuszczalników organicznych na co dzień stosowanych w chemii.

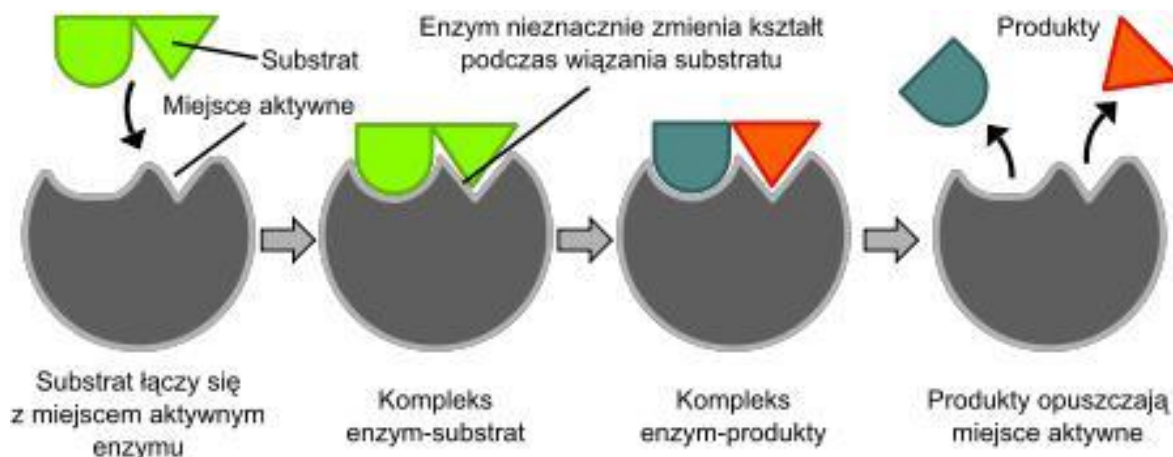
3. Reakcje enzymatyczne

Enzymy to wielkocząsteczkowe, w większości białkowe, katalizatory przyspieszające specyficzne reakcje chemiczne poprzez obniżenie ich energii aktywacji. Enzymy wykazują bardzo dużą specyficzność reakcji, którą katalizują oraz w znaczący sposób zwiększają jej wydajność, bardzo często umożliwiając w ogóle zajście tej reakcji.

Typowa reakcja biochemiczna bez udziału enzymu zachodziłaby w czasie nawet 750 000 000 lat. Z udziałem enzymu zachodzi w 22 milisekundy. Na przykład konwersja cukru, na CO_2 i H_2O stanowiąca podstawowe źródło energii praktycznie nie zachodzi zarówno w ciele stałym jak i w roztworze. Z udziałem enzymu jest natomiast prawie natychmiastowa.

Przez swoje właściwości enzymy są bardzo często wykorzystywane jako katalizatory w wielu reakcjach chemicznych, umożliwiając syntezę związków, których nie można by otrzymać bez ich użycia albo których synteza byłaby nieopłacalna.

Bardzo ważnym procesem w reakcjach z użyciem katalizatora jest rozdzielanie produktów reakcji od katalizatora tak by mógłby on być ponownie użyty. W przypadku reakcji zachodzących w fazie gazowej przy katalizatorze stałym nie stanowi to problemu. Dużym wyzwaniem inżynierskim jest natomiast rozdzielanie, kiedy zarówno produkty, substraty jak i katalizator znajdują się w fazie ciekłej w której zachodzi reakcja.



4. Wykorzystanie ABS cieczy jonowych w reakcjach enzymatycznych

Ze względu na możliwość projektowania, można dobrać polarności i siły jonowe poszczególnych wodnych układów dwufazowych tak że znajdują zastosowanie w procesach ekstrakcji. Dodatkowo zastosowanie cieczy jonowych daje nam możliwość wpływania na charakter luki mieszalności faz w taki sposób, aby małe zmiany temperatury powodowały homogenizację układu. Ze względu na możliwość prowadzenia ekstrakcji przy małych różnicach polarności faz układy takie wykorzystuje się do ekstrakcji związków wrażliwych na agresywne środowisko takich jak białka czy enzymy. Dzięki polarności faz zbliżonej do polarności wody, enzymy nie wykazują znacznego obniżenia aktywności.

W takich układach reakcje enzymatyczne można prowadzić na trzy sposoby:

- 1) Rozpuszczony w wodzie enzym wprowadza się do reakcji. Następnie do układu dodaje się odpowiednich czynników chao- i kosmotropowych aby układ rozpadł się na dwie fazy ciekłe. Czynniki dobrane są w taki sposób, aby enzym selektywnie lokował się w jednej fazie, następnie fazę tą można zawrócić do kolejnej reakcji po uprzednim rozcieńczeniu wodą.
- 2) Enzym rozpuszczony jest w ABS i selektywnie lokuje się w fazie, do której powinowactwo ma substrat, a produkt reakcji selektywnie przechodzi do drugiej fazy. W ten sposób reakcję można prowadzić w sposób ciągły z systematycznym odbieraniem produktu z drugiej fazy.
- 3) Wykorzystując możliwość homogenizacji fazy przy zmianach temperatury możemy wprowadzić enzym w fazie organicznej np. cieczy jonowej. Następnie poprzez zmianę temperatury dokonać homogenizacji układu umożliwiając przebieg reakcji. Ponowna zmiana temperatury powoduje, że układ rozpada się na dwie fazy co umożliwia recyrkulację enzymu wraz z fazą organiczną.

5. Cele projektu

Celami projektu są:

- A. Przebadanie możliwości prowadzenia testowej reakcji enzymatycznej w wodnych układach dwufazowych złożonych z cieczy jonowej oraz soli nieorganicznej lub cukru.
- B. Próba doboru różnych ABS, aby spełniały powyżej wymienione sposoby realizacji reakcji.
- C. Badanie aktywności enzymu w wytypowanych ABS.
- D. Analiza wpływu sposobu prowadzenia reakcji na wydajność i możliwość cyrkulacji enzymu.