



Foto – DREAMstime

## O potencjale mieszanin eutektycznych

Anna-Maria Tryba

**T**ermin „euteksja” (z greckiego: εὖ – „dobrze” oraz τήξις – „topnienie”) po raz pierwszy szerzej zastosowany został w wydanym w 1884 r. artykule Fredericka Guthriego dotyczącym metalurgii [1]. Pod pojęciem eutektyku zwykle rozumiany jest w praktyce szkolnej (i nie tylko) wykazujący obniżenie temperatury stop metali, co po raz pierwszy opisał w 1701 r. Isaac Newton [1].

Początkowo właściwości eutektyków były wykorzystywane do uzyskiwania stopów metali o obniżonej temperaturze topnienia. Za przykład możemy podać, wykorzystywany w jubilerstwie i elektronice stop Wooda, który składa się z ołowiu, bizmutu, cyny i kadmu w proporcji 2,5 : 5 : 1,25 : 1,255. Temperatury topnienia czystych me-

tali wynoszą odpowiednio 327, 271, 232 i 321°C, podczas gdy ich stop wykonany z zachowaniem podanych powyżej proporcji charakteryzuje się temperaturą topnienia na poziomie 70°C.

Znane zatem od dawna zjawisko euteksji cieszy się dziś coraz większą popularnością w badaniach naukowych w odniesieniu do tworzenia homogenicznych ciekłych mieszanin o temperaturze topnienia niższej od temperatur topnienia wyjściowych składników. Oznacza to uzyskiwanie cieczy jako rezultatu zmieszania dwóch substancji stałych. Najprostszym przykładem jest mieszanina oziębiająca złożona z lodu oraz chlorku sodu. Podczas tworzenia wymienionej mieszaniny eutektycznej jej temperatura gwałtownie się obniża do wartości poniżej 0°C – temperatury punktu eutektycznego, umożliwiając np. zamrażanie czystej wody. Termodynamicznym źródłem procesu oziębiania się mieszaniny jest znacznie endotermiczny efekt tworzenia cieczy eutektycznej, czyli pochłanianie energii cieplnej z otoczenia.

Ciecze eutektyczne są obecne w naszym otoczeniu, choć często nie są rozpoznawane jako eutektyki. Oprócz wymienionej powyżej mieszaniny oziębiającej, przykładem może być miód lub syrop glukozowo-fruktozowy. Są to mieszaniny wieloskładnikowe, w których woda jest niezbędnym elementem umożliwiającym utworzenie wiązań wodorowych, odpowiadających za powstanie cieczy eutektycznej.

Zjawisko euteksji może jednak być niekorzystne, np. w praktyce farmaceutycznej, w przypadku proszków i zasypek, a także czopków i globulek, utrudniając otrzymanie leku o konkretnej postaci i konsystencji. Najczęściej mieszaniny eutektyczne powstają przy zmieszaniu związków terpenowych, takich jak tymol, mentol czy



Fot. 1. Stop Wooda.  
Zdjęcie Autorki.

kamfora. Substancje te obniżają temperaturę topnienia w mieszaninach z kwasem salicylowym i rezorcyną.

Przełomem w tego typu badaniach okazało się odkrycie głęboko eutektycznych rozpuszczalników (DES – *Deep Eutectic Solvent*). O wykorzystaniu tego zjawiska w aktualnych badaniach naukowych zapytałam dr inż. **Olę Długosz z Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej**, która zajmuje się badaniem potencjału wykorzystania rozpuszczalników eutektycznych.

**Co oznacza pojęcie głęboko eutektycznego rozpuszczalnika, w naukowym, ale i również użytkowym znaczeniu?**

Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne to roztwory kwasów i zasad Lewisa lub Brønsteda, które tworzą mieszaninę eutektyczną, czyli jednorodny układ, powstały w wyniku formowania się wiązań wodorowych pomiędzy składnikami. Z praktycznego punktu widzenia natomiast, rozpuszczalniki głęboko eutektyczne to lepkie cieczki, zbudowane zwykle z 2-3 składników, których temperatura topnienia jest dużo niższa niż każdy z jej składników osobno.

**Czy może nam Pani przybliżyć tematykę Pani badań w dziedzinie mieszanin eutektycznych?**

W naszym laboratorium tworzymy rozpuszczalniki o wyjątkowych właściwościach, dzięki czemu mogą znaleźć zastosowanie w każdej dziedzinie naszego życia, począwszy od medycyny i farmacji, a kończąc na zastosowaniach tych wspaniałych materiałów w elektronice, optyce, a nawet w recyklingu metali szlachetnych. Najbardziej interesuje mnie zastosowanie mieszanin eutektycznych jako bazy do otrzymywania nanomateriałów biobójczych, tzn. takich, które potrafią zabijać bakterie, grzyby i wirusy, tak groźnych dla ludzi.

**Co jest największym wyzwaniem w opracowywaniu technologii otrzymywania takich materiałów?**

Mimo ogromnego postępu, jaki dokonał się w ciągu ostatnich 20 lat badań rozpuszczalników głęboko eutektycznych (DES), wciąż jeszcze pozostaje wiele do zrobienia. Jednym z głównych wyzwań stojących przed badaczami jest opracowanie uniwersalnych metod otrzymywania tych materiałów. Proces doboru składu DESów przeprowadza się w sposób eksperymentalny, tzn. na zasadzie prób i błędów. Mając na uwadze, jak wiele składników można użyć do ich otrzymania, liczba ich kombinacji jest tak ogromna, że konieczne jest opracowanie metod teoretycznych, które pomogłyby w doborze ilościowego i jakościowego składu DES, tak aby można było uzyskać DES dedykowane do przygotowania wybranych nanocząstek metali do konkretnych zastosowań.

**Skąd pomysł na te badania? Ciecze eutektyczne mają aż taki potencjał?**

Myślę, że ich potencjał dopiero powoli odkrywamy. Składniki, które wykorzystujemy do ich otrzymywania to głównie związki pochodzenia naturalnego, np. kwas cytrynowy, glukoza, aminokwasy. Pozwala to otrzymać produkty, które są bezpieczne dla ludzi oraz środowiska, a przy tym uzyskują nowe właściwości, których inne materiały



Przykładem cieczy eutektycznej jest miód, foto – Dreamstime.

nie wykazują. Tym, co wyróżnia rozpuszczalniki głęboko eutektyczne na tle innych rozpuszczalników i substancji wykorzystywanych w nanotechnologii, jest ich wysoka biokompatybilność i brak toksycznego działania na środowisko. Dzięki temu DESy te nie tylko pozwalają otrzymać nanomateriały o wysokiej aktywności, ale przy tym są bardziej bezpieczne.

**Czy poza farmacją, istnieje dziedzina, czy sfera badań, w której zjawisko euteksji może stanowić problem?**

Jak przy każdym badaniu nad nowymi materiałami, warto kierować się zasadą ograniczonego zaufania do wyników. Powinniśmy nie tylko się skupiać na tym, jak wiele korzystnych właściwości mają rozpuszczalniki głęboko eutektyczne i jak szeroko możemy je wykorzystywać, ale należy również mieć na uwadze ich potencjalnie niekorzystny wpływ na organizmy, który możemy poznać dopiero po wielu latach badań.

**Jaka jest zatem przyszłość i możliwości zastosowań mieszanin eutektycznych?**

Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach naszego codziennego życia, m.in. w pozyskiwaniu cennych ekstraktów, otrzymywaniu leków oraz nanomateriałów, oczyszczaniu i odzyskiwaniu metali, otrzymywaniu bioaktywnych formułacji. W ciągu ostatnich 10 lat liczba artykułów opisujących nowe zastosowania i właściwości tych wspaniałych materiałów wzrosła ze 195 w roku 2013 do 4634 w roku 2023, co tylko potwierdza, jak wiele korzyści rozpuszczalniki głęboko eutektyczne mają do zaoferowania. Jedyne, co pozostaje naukowcom, to próbować je tworzyć, poznawać i wykorzystywać ich potencjał.



Dr inż. Anna-Maria Tryba

Literatura

- [1] D. Raj, Kwartalnik Historii Nauki i Techniki, 66 (2021) 47-54; DOI 10.4467/0023589XK HNT.21.012.13710
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_eutectic\\_solvent](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_eutectic_solvent)