

I DEEP EUTECTIC SOLVENTS (DES) ED IL LORO POSSIBILE IMPIEGO NELLE FASI DI RIVIERA DEL PROCESSO CONCIARIO

PARTE 1

Che cosa sono i deep eutectic solvents

Un Deep Eutectic Solvent, o DES, è una miscela di due o più composti solidi che, quando combinati in un preciso rapporto molare, formano una fase liquida anche a una temperatura significativamente inferiore ai punti di fusione dei singoli componenti. La caratteristica fondamentale dei DES è la loro struttura supramolecolare. Infatti, la formazione di un esteso network di legami ad idrogeno tra i componenti, come illustrato in figura 1, causa una delocalizzazione di carica che è responsabile dell'abbassamento della temperatura di fusione della miscela e ne ostacola la cristallizzazione.

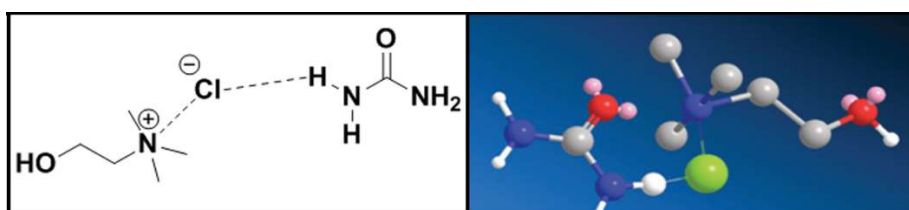


Figura 1 - Struttura del DES costituito da colina cloruro ed urea

La loro struttura chimica è tipicamente composta da:

- **un accettore di legami a idrogeno (Hydrogen Bond Acceptor - HBA):** solitamente un sale di ammonio quaternario, il più comune e studiato dei quali è il cloruro di colina (ChCl), un composto economico, biodegradabile e non tossico (è una vitamina del gruppo B).
- **un donatore di legami a idrogeno (Hydrogen Bond Donor - HBD):** una molecola in grado di formare legami a idrogeno, come urea, glicerolo, acidi organici (es. acido lattico, acido ossalico) o zuccheri.

In tabella 1 sono riportate esempi di molecole impiegate come componenti di DES.

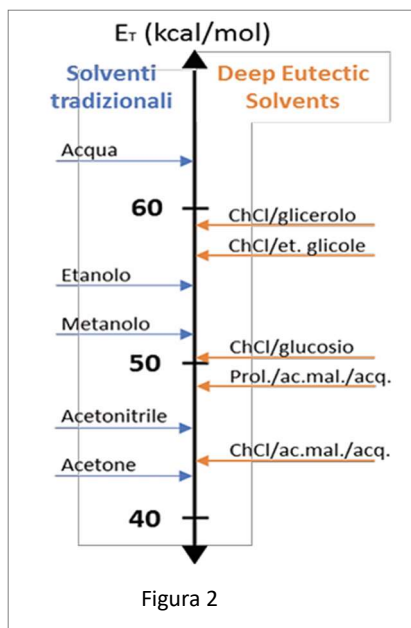
ACCETTORI DI LEGAME AD IDROGENO (HBA)		DONATORI DI LEGAME AD IDROGENO (HBD)	
	colina cloruro		urea
	colina acetato		glicerolo
	betaina		glicole etilenico
			acido tartarico
			acido levulinico
			acido ossalico
			sorbitolo
			fruttosio
			glucosio

Tabella 1 - Esempi di molecole impiegate come componenti di DES

Come esempio del comportamento dei DES si può riportare quello del cloruro di colina (p.f. 302 °C) e dell'urea (p.f. 133 °C) i quali, se miscelati in un rapporto molare di 1:2, formano un liquido eutettico con un punto di fusione di soli 12 °C.

Accettori di legami ad idrogeno come la colina trovano impiego anche nei cosiddetti Liquidi Ionici (IL) nei quali, però, sono legati ad anioni inorganici, ad esempio CrCl_4^- , costituendo sistemi monofasici liquidi con caratteristiche e proprietà leggermente diverse rispetto ai DES.

In termini di polarità, i DES hanno generalmente una polarità compresa tra quella dell'acetone e quella dell'acqua, come si evince dalla figura 2.



Rispetto ai liquidi ionici tradizionali e ai solventi organici volatili, i DES presentano numerosi vantaggi che ne hanno favorito la diffusione:

- **Facilità di preparazione:** la preparazione richiede il semplice mescolamento dei composti in condizioni di temperatura comprese tra i 60 e gli 80 °C, senza generare scarti.
- **Basso costo:** i composti utilizzati sono facilmente reperibili ed economici.
- **Bassa tossicità e buona biodegradabilità:** i componenti presentano una bassissima tossicità e una elevata biodegradabilità.
- **Bassa volatilità (non VOC) e stabilità in presenza di acqua.**

Le caratteristiche dei DES (polarità, viscosità e capacità solvente) sono facilmente modulabili variando i rapporti molari dei componenti ed il contenuto di acqua. Ciò ne esalta la versatilità. Attraverso l'aggiunta di piccole percentuali di acqua (fino a circa il 40% in peso), è possibile costituire una miscela ternaria (aqueous DES, aDES) che ne riduce notevolmente la viscosità, preservando l'interazione intermolecolare dei componenti. I DES possono perciò essere "costruiti su misura" per soddisfare esigenze e flessibilità auspiccate dall'industria chimica.

È stato inoltre ipotizzato che in natura si formino analoghe miscele, chiamate "Natural DES" (NaDES), costituite da vari composti naturali (come monosaccaridi, aminoacidi, alcoli ecc.) aventi il ruolo di solubilizzare e trasportare composti insolubili in acqua all'interno delle cellule.

Grazie alla loro versatilità, si sono rapidamente diffusi in molti settori della chimica, sostituendo solventi organici volatili o poco efficienti. Le applicazioni spaziano dall'elettrochimica, alla sintesi di composti organici, polimeri e nanomateriali, alla catalisi (organica, metallorganica ed enzimatica) e all'estrazione e separazione di composti organici. In particolare, si sono rivelati ottimi solventi per le biotrasformazioni, grazie alla capacità di disciogliere, senza denaturare, diversi enzimi e in alcuni casi potenziandone l'attività rispetto a quella in acqua o in solvente organico.

Prospettive per la chimica conciaria

Sebbene ancora molti approfondimenti siano necessari per una valutazione globale per una loro applicabilità su larga scala, i DES, grazie alle loro caratteristiche di economicità, sicurezza e biodegradabilità, e la capacità di minimizzare la generazione di rifiuti liquidi, oltre alle loro peculiari caratteristiche chimico-fisiche, rappresentano una promettente soluzione per una chimica più 'verde' e sostenibile.

Nel prossimo approfondimento, esamineremo in dettaglio la possibile applicazione di questi solventi ai processi di riviera.

Riferimenti Bibliografici

1. Smith E.L., Abbott A.P., Ryder K.S., Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. *Chem. Rev.* 2014, 114, 21, 11060–11082
2. La Chimica e L'industria, anno I, n°5, settembre/ottobre 2017

07/11/2025

Dott. L. Esposito