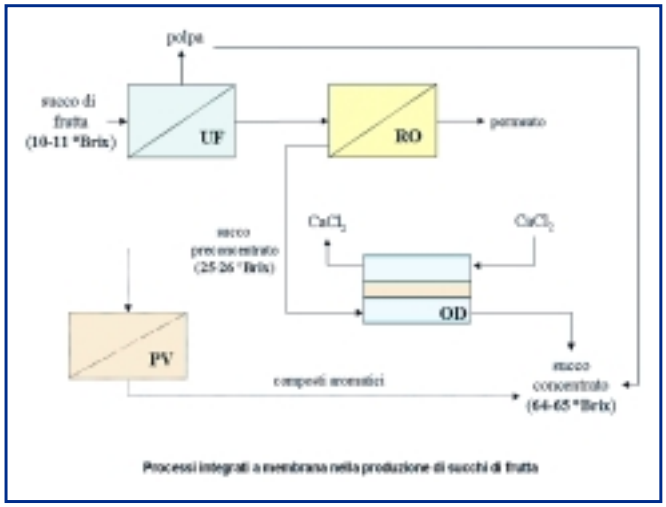
Le operazioni a membrana

Trattamento delle sostanze naturali con tecnologie appropriate

di Enrico Drioli

L'impiego delle sostanze naturali richiede lo sviluppo di nuove tecnologie capaci di adattarsi alle caratteristiche a queste nuove materie prime. Separazioni a livello molecolare in grado di operare a temperatura ambiente, e senza cambiamenti di fase, reattori chimici adatti all'impiego di biocatalizzatori capaci di operare in continuo, minimizzando fenomeni di inibizione da reagente o da prodotto, sono per esempio alcuni dei requisiti dei nuovi processi: i processi a membrana nei loro principi fondamentali rispondono perfettamente a queste richieste.



Processi integrati a membrana nella produzione di succhi di frutta

È oggi sempre più crescente la richiesta di prodotti naturali che nelle loro varie formulazioni finali conservino le caratteristiche originali, in termini di colore e sapore, ma anche le loro proprietà chimiche e fisiche di maggiore interesse per le interazioni con gli organismi umani e con l'ambiente in generale. I più tradizionali metodi di estrazione, purificazione, concentrazione e separazione largamente utilizzati negli anni passati ed, a tutt'oggi, nell'industria alimentare, nell'industria delle bevande, come anche nell'industria farmaceutica ed in molti altri settori industriali, mostrano sempre più i loro limiti quando venga richiesta la realizzazione di linee produttive che minimizzino l'aggiunta di sostanze esterne, quali per esempio antifermentativi stabilizzanti, vitamine ecc.

A questo interesse si aggiunge oggi quello di utilizzare sempre più sostanze naturali come materia prima (biomasse) in diversi cicli produttivi di base nel moderno sistema industriale.

In ambedue i casi, l'impiego delle sostanze naturali richiede lo sviluppo di nuove tecnologie capaci di adattarsi alle caratteristiche di queste nuove materie prime. Separazioni a livello molecolare in grado di operare a temperatura ambiente, e senza cambiamenti di fase, reattori chimici adatti all'impiego di biocatalizzatori capaci di operare in continuo, minimizzando fenomeni di inibizione da reagente o da prodotto, sono per esempio alcuni dei requisiti dei nuovi processi. La realizzazione di nuove linee di produzione dovrà inoltre anche tener conto delle condizioni poste per uno sviluppo industriale sostenibile.

La strategia del "process intensification" e dei sistemi integrati, una delle risposte più interessanti a questo tipo di sviluppo, tende ad introdurre nei cicli produttivi nuove tecnologie caratterizzate da minimi volumi di ingombro, fino alla miniaturizzazione, modularità, capacità di automatizzazione, flessibilità, controllo a distanza, oltre che ridotti consumi energetici. I processi a membrana nei loro principi fondamentali rispondono perfettamente a queste richieste.

Le operazioni a membrana operano a livello molecolare, sono condotte in generale a temperatura ambiente, non richiedono passaggi di fase, né l'aggiunta di additivi chimici; sono delicate e non distruttive. In pratica, le diverse operazioni oggi sviluppate a livelli industriali sono in grado di realizzare processi di estrazione, purificazione, frazionamento, chiarificazione, concentrazione ed anche cristallizzazione. Oltre alle ormai classiche operazioni quali l'ultrafiltrazione, l'osmosi inversa, la dialisi, l'elettrodialisi, nuovi processi quali la separazione di gas, l'estrazione a membrana, la distillazione a membrana, la pervaporazione rappresentano oggi vere e proprie unità fondamentali delle operazioni di separazione. A queste si aggiungono ancora i reattori catalitici a membrana, un campo in rapido sviluppo e con importanti potenzialità. I *membrane contactors,* sistemi nei quali la funzione delle membrane è solo quella di realizzare un trasferimento di massa tra due fasi, offrono la possibilità di

E. Drioli, Istituto di Ricerca su Membrane e Modellistica di Reattori Chimici - Irmerc-Cnr - Università della Calabria - Via P. Bucci, Cubo 17/C - 87030 Arcavacata di Rende (CS). e.drioli@irmerc.cs.cnr.it

introdurre nei cicli produttivi anche nuove operazioni come scrubbers, strippers, ecc. anch'esse caratterizzate dalle stesse proprietà fondamentali [1].
La semplicità concettuale e di gestione delle operazioni a membrana, la loro modularità ed omogeneità impiantistica, suggerisce e facilita enormemente la realizzazione di sistemi integrati dove tutti gli stadi del ciclo siano basati su operazioni molecolari a membrana.
Interessanti esempi di sistemi integrati a membrana nel trattamento di sostanze naturali sono quelli studiati ed in parte realizzati nella produzione di succhi e bevande (Figura in apertura). In un recente progetto di ricerca è stato evidenziato come sia possibile produrre succhi di agrumi utilizzando microfiltrazione e ultrafiltrazione nelle fasi di chiarificazione e stabilizzazione, osmosi inversa nelle fasi di concentrazione, distillazione a membrana per la concentrazione spinta, pervaporazione nell'estrazione degli aromi. Di particolare interesse sono i risultati legati all'elevata concentrazione degli antiossidanti presenti nei concentrati così ottenuti [2].
Analoghi esempi possono essere ritrovati nell'estrazione di principi attivi di diversi prodotti agricoli, piante, fiori ecc.
I reattori a membrana sono un ulteriore interessante esempio di sistemi integrati in cui le fasi di separazione molecolare si combinano con quelle di trasformazione chimica. Risultati sono stati già raggiunti con questi nuovi reattori nella produzione di specie enantiomeriche pure, come anche nella realizzazione di reattori bifasici.
Anche in questo caso le caratteristiche di modularità, la possibilità di allontanare in continuo specie indesiderate o lo stesso prodotto dal sistema di reazione, svolgono un ruolo importante nell'ottimizzazione della reazione. Operazioni quali la pervaporazione permetteranno, per esempio, di allontanare in continuo l'alcol prodotto in un processo fermentativo una volta che si sono raggiunte concentrazioni capaci di inibire l'attività dei microrganismi. La stessa pervaporazione integrata con processi di esterificazione offre la possibilità di rimuovere in continuo l'acqua prodotta, aumentando significativamente la resa delle reazioni.
L'impiego di *membrane contactors* oltre a facilitare l'allontanamento di specie gassose (O_2, CO_2, H_2S, NH_3 ecc.) dai sistemi di reazioni permette anche di concentrare a temperatura ambiente i soluti di interesse, fino eventualmente alla loro cristallizzazione. Nuovi cristallizzatori a membrana, nei quali l'acqua viene rimossa dalla soluzione attraverso l'evaporazione nei pori di membrane microporose idrofobiche, sono oggi oggetto di studio. Questa metodologia permette la formazione di sistemi cristallini da specie biologicamente attive, a temperatura ambiente o, se necessario, anche a basse temperature, in presenza di un interessante controllo delle condizioni fluodinamiche [3].
Membrane microporose idrofobiche sono anche utilizzabili per immobilizzare in piccolissima quantità, carrier, eteri corona o in genere sostanze estraenti dotate di elevata selettività, realizzando membrane liquide supportate, di notevole interesse per la separazione di specie biologiche.
Le operazioni a membrana offrono oggi la possibilità di razionalizzare la distribuzione di specie attive o biologicamente attive, nell'ambiente come anche negli organismi umani attraverso metodologie di rilascio controllato. Queste tecniche permettono e permetteranno sempre più di minimizzare l'impiego dei prodotti chimici naturali o di sintesi utilizzando le dosi realmente necessarie per il raggiungimento degli obiettivi. Le tecniche oggi impiegate al contrario richiedono spesso l'uso di quantità di farmaci di ordini di grandezza superiori alle dosi terapeutiche ottimali. Interessanti applicazioni sono state già realizzate per il rilascio controllato e mirato di farmaci per il controllo delle nascite, per combattere forme tumorali, per malattie quali il glaucoma o l'angina pectoris, ma anche nel rilascio dei feromoni, di pesticidi, di erbicidi ed altre specie biologicamente attive in agricoltura.
In conclusione, l'insieme delle operazioni a membrana oggi esistenti offre notevoli possibilità per la realizzazione di nuovi cicli produttivi integrati di sostanze naturali diverse basati sulla logica del "process intensification", coerente con le richieste di uno sviluppo industriale sostenibile.

Bibliografia

[1] E. Drioli, M. Romano, *Ind. Eng. Chem. Res.,* 2001, **40,** 1277.
[2] A. Cassano *et al.,* Clarification and Concentration of Fruit Juices by Integrated Membrane Processes, submitted to *Journal of Food Engineering*.
[3] E. Curcio *et al., Ind. Eng. Chem. Res.,* 2001, **40,** 2679.