

Tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana e applicazioni per l'industria agro-alimentare

G. P. Leone, C. Russo

Le tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana sono tecniche separative basate sull'impiego di filtri semipermeabili attraverso i quali, sotto una forza spingente, è possibile ottenere la separazione di componenti sospese o in soluzione in funzione delle loro caratteristiche dimensionali e/o chimico-fisiche.

In Figura 1 è riportata una rappresentazione esemplificativa del meccanismo di trasporto e della capacità selettiva nei processi a membrana.

La forza spingente in grado di generare le separazioni attraverso la membrana può essere una pressione idraulica, un potenziale chimico (osmosi), un gradiente di concentrazione (dialisi), una differenza di temperatura (pervaporazione), un potenziale elettrico (elettrodialisi).

I processi più diffusi sono quelli che utilizzano la pressione idraulica come forza spingente, e le tecnologie di membrana prendono il nome di Microfiltrazione (MF), Ultrafiltrazione (UF), Nanofiltrazione (NF) ed Osmosi Inversa (OI).

Queste quattro tecnologie si differenziano fra loro sia per le specifiche tecniche delle membrane impiegate, sia per le condizioni di processo da applicare.

In estrema sintesi: la MF trattiene particellato, molecole grasse, batteri con dimensioni dell'ordine del micron; l'UF trattiene macromolecole come proteine, colloidali fino ad una dimensione molecolare di circa 1 kDalton; la NF trattiene molecole organiche e inorganiche con peso molecolare superiore a circa 200 Dalton (zuccheri e sali bi e trivalenti); l'OI trattiene anche gli ioni monovalenti e lascia passare solo la molecola dell'acqua. Sfruttando le diverse capacità selettive, è possibile operare con le varie tecnologie di membrana in successione al fine di frazionare una matrice nelle sue componenti e permettere un riutilizzo specifico.

Le tecnologie di membrana sono tecniche separative

pulite e a basso consumo energetico, particolarmente indicate per applicazioni nel settore agro-alimentare. Nei processi separativi a membrana non viene impiegato calore: la filtrazione può avvenire anche a basse temperature in modo da non danneggiare molecole termolabili. I processi a membrana utilizzano soltanto energia elettrica per il funzionamento delle pompe e non richiedono l'utilizzo di solventi o sostanze chimiche per operare le separazioni richieste.

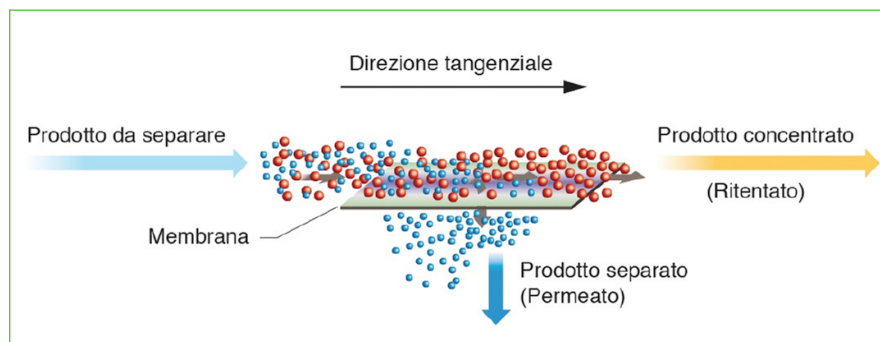


Figura 1
Schema generale del meccanismo separativo nei processi a membrana

Le tecnologie di filtrazione tangenziale a membrana sono inoltre di semplice utilizzo, modulari e facilmente scalabili favorendo così il trasferimento tecnologico a livello industriale.

In ENEA le prove sperimentali sono realizzate presso la Hall Tecnologica dell'Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema Agroindustriale – Laboratorio Innovazione Agro-Industriale (UTAGRI-INN) della Casaccia, con impianti pilota operanti in condizione batch (raccolta della frazione permeata e ricircolo della frazione concentrata nel serbatoio di alimentazione), in grado di trattare dalle centinaia a circa mille litri al giorno.

Lo studio di un processo di filtrazione a membrana è finalizzato alla sua ottimizzazione. La ricerca sperimentale comporta l'individuazione della membrana (conformazione, materiale, taglio molecolare) necessa-

ria per realizzare le separazioni desiderate e dei vari parametri di processo (pressione di trans-membrana, velocità di scorrimento sulla superficie di membrana, rapporto volumetrico di concentrazione ecc.) al fine di aumentare la produttività e ridurre lo sporcamento di membrana.

Attività sperimentali ENEA

Presso i laboratori del Centro Ricerche ENEA della Casaccia, nell'ambito delle attività programmatiche dell'Unità UTAGRI, sono stati studiati e messi a punto diversi processi di filtrazione a membrana nel settore agro-alimentare.

Le problematiche sono state studiate seguendo una visione sostenibile d'insieme, cercando sempre di accoppiare il trattamento depurativo a quello di recupero e riutilizzo di acqua e componenti ad alto valore aggiunto. Fine ultimo delle attività di ricerca condotte è chiudere il ciclo di una filiera produttiva, garantendo uno scarico zero e trasformando di fatto un così detto scarto in materia prima, dalla quale ottenere nuovi prodotti.

Di seguito sono descritti alcuni esempi di processi studiati e messi a punto in ENEA, suddivisi per settori di intervento.



Figura 2
Hall Tecnologica UTAGRI-INN presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA

Settore lattiero-caseario

Le tecnologie di membrana sono impiegate nel settore lattiero-caseario da decenni con molteplici finalità.

L'ENEA ha sviluppato ed ottimizzato processi specifici per la produzione di lattici speciali e il trattamento degli effluenti prodotti nel processo di caseificazione, siero di latte e scotta.

Relativamente alla produzione di lattici speciali, in crescita a fronte di un continuo calo di vendite di latte fresco, la capacità selettiva delle tecnologie di membrana permette di frazionare il latte e di intervenire in maniera mirata per arricchirlo o privarlo di componenti, facendo fronte così alle diverse esigenze dei consumatori.

In relazione agli effluenti prodotti nel processo di caseificazione, siero di latte e scotta sono difficilmente smaltibili per l'elevato carico inquinante (COD - Domanda Chimica di Ossigeno - di circa 60 g/L di O₂) e la difficile degradazione del lattosio. A volte il siero di latte è destinato all'alimentazione animale, più spesso deve essere smaltito con notevoli problemi ambientali.

L'ENEA ha ottimizzato un processo con tecnologie di membrana di frazionamento del siero di latte/scotta nelle loro principali componenti: sieroproteine/peptidi, lattosio, sali minerali ed acqua.

Le sieroproteine possono essere riutilizzate nell'industria alimentare o come integratore proteico, altrimenti possono essere idrolizzate per produrre peptidi bioattivi; il lattosio può essere trasformato per via enzimatica in galatto-oligosaccaridi (GOS), per via chimica o enzimatica in lattulosio, per ossidazione o a seguito di processi fermentativi in acido lattobionico o alcol etilico, tutte molecole con proprietà bioattive o di interesse commerciale; l'acqua pura recuperata può essere riutilizzata come base per la formulazione di nuove bevande con notevole ritorno economico.

Acque di vegetazione olearie

Le acque di vegetazione (AV) sono i reflui originati dal processo di molitura delle olive in frantoi operanti a tre fasi, ossia con la produzione di olio, sanse ed AV.

Lo smaltimento delle AV è uno dei maggiori problemi dell'agro-industria. Le AV hanno un COD di circa 100 g/L di O₂, pH acido ed un elevato contenuto in polifenoli, molecole anti-ossidanti fitotossiche e batteriostatiche.

Tali caratteristiche rendono particolarmente difficoltoso lo spargimento delle AV sui terreni agricoli, con rischi di desertificazione ed inquinamento di falde acquifere.

D'altra parte i polifenoli delle olive, l'idrossitirosole, oleuropeina, verbascoside ecc., sono molecole con spiccate proprietà bio-attive sulla salute umana.

L'ENEA ha brevettato un processo di trattamento (WO2005123603A1), incentrato sul frazionamento delle AV con tecnologie di membrane, al fine di recuperare e riutilizzare separatamente la componente polifenolica, il resto della sostanza organica e l'acqua derivante dalle olive.

La sostanza organica impoverita o priva del contenuto

polifenolico può essere impiegata per la produzione di biogas in processi di fermentazione anaerobica.

I polifenoli possono essere impiegati come conservanti naturali nell'industria alimentare, antibiotici naturali per la mangimistica o nel settore farmaceutico come farmaco naturale.

L'acqua "vegetale" recuperata dalle olive può essere reimpiegata come base per la formulazione di bevande.

Vinacce/vinaccioli

La vinaccia è lo scarto di vinificazione costituita principalmente dalle bucce e dai vinaccioli dell'uva. Le vinacce generalmente si usano come materia prima per la produzione della grappa.

Un alternativo e vantaggioso riutilizzo riguarda in particolare i vinaccioli, ancora integri e non sfruttati nel processo fermentativo. Le bucce della vinaccia possono essere reimpiegate come fonte di fibra nel settore alimentare o nella mangimistica; dai vinaccioli è possibile estrarre attraverso processi meccanici l'olio costituito principalmente di acido linoleico ed oleico e contenente tocoferoli e polifenoli; dal pannello esausto rimanente dopo l'estrazione dell'olio è possibile, con tecnologie di membrana, concentrare e purificare i polifenoli presenti.

I polifenoli contenuti nei vinaccioli (flavanoli, tra i quali (+)-catechina e (-)-epicatechina e i loro polimeri proantocianidine) sono largamente utilizzati nel settore alimentare e cosmetico per le spiccate proprietà bioattive, garantendo notevoli ritorni economici da una matrice altrimenti non sfruttata.

L'estratto acquoso del pannello esausto ottenuto a seguito dell'estrazione dell'olio, dopo un eventuale processo di centrifugazione per recuperare le frazioni di olio rimanenti, può essere chiarificato in MF e concentrato in OI. Per purificare i polifenoli presenti e aumentarne il titolo nei semi-lavorati prodotti con le tecnologie di membrana, è possibile operare in UF ed in NF come stadi intermedi prima della concentrazione in OI.

Estrazione, concentrazione e purificazione di steviol-glicosidi da foglie di *Stevia Rebaudiana* Bertoni

La *Stevia Rebaudiana* Bertoni è una pianta originaria del

Sud America contenente nelle sue foglie steviol-glicosidi, composti estremamente dolci e non calorici. Tra questi i più abbondanti sono stevioside e rebaudioside A. Il rebaudioside A è più dolce dello stevioside, con un potere dolcificante circa 300 volte superiore a quello del glucosio e senza il caratteristico retrogusto amaro tipico dello stevioside.

L'interesse per gli steviol-glicosidi è in continua crescita a livello internazionale, per il loro uso come sostituti degli attuali dolcificanti di sintesi, soprattutto per consumatori affetti da particolari patologie.

Le tecnologie di membrana, a partire da estratti acquosi di foglie di Stevia, permettono di concentrare e purificare gli steviolglicosidi dalle restanti componenti organiche, comunque di interesse commerciale.

L'estratto acquoso delle foglie di Stevia è chiarificato in MF per rimuovere i solidi sospesi; il permeato di MF è trattato in UF per rimuovere macromolecole ed in particolare il contenuto proteico; gli steviol-glicosidi recuperati nel permeato di UF sono purificati del contenuto polifenolo e salino operando in NF; in OI è possibile concentrare i polifenoli permeati in NF.

I solidi sospesi rimossi nel concentrato di MF possono essere destinati al compostaggio o alla produzione di biogas; il contenuto proteico recuperato come concentrato di UF e quello polifenolico ottenuto come concentrato di OI possono essere reimpiegati nel settore alimentare; gli steviol-glicosidi concentrati in NF sono destinati a sostituire i dolcificanti di sintesi.

Per aumentare le possibili applicazioni alimentari degli steviol-glicosidi è importante ridurre il retrogusto amaro. Attualmente la separazione di stevioside da rebaudioside A, privo del retrogusto amaro, avviene per cristallizzazione o per cromatografia. Ricerche in corso in ENEA stanno valutando la possibilità di separare con tecnologie di membrana gli steviol-glicosidi fra loro.

Per approfondimenti: gianpaolo.leone@enea.it - claudio.russo@enea.it

Gian Paolo Leone,
ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile e Innovazione del Sistema Agroindustriale,
Laboratorio Innovazione Agro-Industriale

Claudio Russo
ENEA, Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali